المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

برنامج التدريب العسكري المهني

تخصص
قوى كهربائية
آلات ومعدات كهربائية

أجهزة وقياسات كهربائية

103 كهر

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **أجهزة وقياسات كهربائية** " لمتدربي تخصص " **قوى كهربائية - آلات ومعدات كهربائية** " في معاهد التدريب العسكري المهني موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

مقدمة عن مختبر الأجهزة و القياسات الكهربائية

يعتمد التقدم العلمي والتكنولوجي لأي أمة على مقدرتها على القياس والمعايرة ومن ثم تحديد وقياس الكميات المجهولة. كما يرتبط نجاح أي مهندس أو فني بقدرته على القياس الدقيق للكميات المجهولة و المقدرة على التحليل الدقيق لأداء أي دائرة واكتشاف عيوبها وإصلاحها .

ويقع الجانب العملي في المختبر على قدر كبير من الأهمية التي لا تقل بمكان عن أهمية الجانب النظري. فمعظم الاكتشافات والمخترعات الجديدة ولدت ونشأت وتطورت في المختبرات العملية. فالجانب العملي والجانب النظري جناحي العلم والتقدم التقني والذي لا يستطيعان التطور بأحدهما دون الآخر.

وعليه عزيزي المتدرب ، فبعد دراستك فصل دراسي كامل لمادة دوائر كهربائية- 1 وأثناء دراستك في هذا الفصل لدوائر التيار المتردد في مادة دوائر كهربائية- 2 نقدم لك هذه المذكرة والتي تحتوي نخبة منتقاة من التجارب المعملية الشهيرة . وهذه التجارب إنما أعدت خصيصاً لتبني فيك روح التجربة والمقدرة على التعامل مع أجهزة القياس الكهربائية الحديثة والمتنوعة، ولتحقق فيك الأمل المنشود من فهم تركيب وطريقة عمل تلك الأجهزة للرقي بالمادة العلمية والعملية لتبني منك فني أو مهندس ناجح في المستقبل القريب بإذن الله تعإلى... والله الموفق وهو الهادي إلى سواء السبيل.

أجهزة وقياسات كهربائية

القياسات بأجهزة الملف المتحرك

الوحدة الأولى: القياسات بأجهزة الملف المتحرك

الجدارة :

الإلمام بتركيب وبكيفية استخدام أجهزة القياس التناظرية ومنها أجهزة الملف المتحرك وأجهزة الحديدة المتحركة و كيفية توصيلها في الدائرة وكيفية أخذ القراءات

الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب من:

1. معرفة أنواع المقاومات وكيفية قراءة كود الألوان.
2. توصيل المقاومات توالي وتوازي وتحقيق قوانين كيرشوف للجهود وللتيارات.
3. وصف تركيب أجهزة الملف المتحرك وأجهزة الحديدة المتحركة.
4. المقارنة بين أجهزة الملف المتحرك وأجهزة الحديدة المتحركة.
5. كيفية أخذ القراءات بطريقة صحيحة على الأجهزة التناظرية.
6. كيفية استخدام **جهاز الملف المتحرك** لقياسات التيار المستمر والمتردد.
7. قياس المقاومة الداخلية للجهاز.
8. توصيل الجهاز لقياس التيار.
9. توسيع مدى قياس التيار باستخدام مقاومات صغيرة على التوازي.
10. توصيل الجهاز لقياس الجهد.
11. توسيع مدى قياس الجهد باستخدام مقاومات كبيرة على التوالي.
12. استخدام الجهاز لقياس المقاومة (قياس الجهد والتيار).

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارت بنسبة 80%

الوقت المتوقع للتدريب : 24 ساعة.

المقاومة الكهربائية

تتكون الدائرة الكهربائية من عناصر فعالة (active elements) مثل مصدر الجهد ، مصدر التيار، العناصر الإليكترونية مثل الترانزستور ومكبر العمليات (Operational amplifier) و أخرى غير فعالة (passive elements) مثل المقاومة والملف والمكثف.

قياس المقاومة الكهربائية : تعتبر المقاومة من أهم عناصر الدائرة الكهربائية حيث يتم عن طريقها التحكم في التيار والجهد في الدائرة. وللمقاومة عدة مواصفات مثل القيمة والقدرة ومادة الصنع ونسبة التفاوت والشكل و هل هي ثابتة أم متغيرة القيمة شكل (1).

يرمز للمقاومة الكهربائية بالرمز R وتقاس بجهاز الأوميتر ووحدة قياسها هي الأوم (Ω). والمقاومات الكبيرة تقاس بالكيلوأوم (kΩ) أو الميجا أوم (MΩ). وتوصف المقاومة الكهربائية بقيمتها وكذلك بقدرتها الكهربائية. فمثلاً يقال مقاومة 100Ω ، 2W وهذا يعني أن قيمة المقاومة 100Ω وتتحمل قدرة كهربائية 2W . وهذا يمكننا من معرفة أقصى تيار تتحمله المقاومة حتى لا تتلف . ويوجد على سطح المقاومة ألوان تمكن المستخدم من معرفة قيمتها وكذلك دقتها أو نسبة التفاوت بها. ويمكن قراءة قيمة المقاومة من تعلم كود الألوان.

شكل (1) بعض أشكال وأحجام المقاومات

تعريفات هامة للمقاومة :

(أ) **المقاومة :** يعبر عن القيمة المطلوبة بالأوم أوالكيلوأوم أو الميجا أوم .

(ب) **القدرة:** هي القدرة القصوى التي تبددها المقاومة ، ويمكن حسابها من خلال المعادلة:

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

(ج) **التفاوت (أو الدقة):** هو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة المقروءة (ويعبر عنه كنسبة مئوية من قيمة المقاومة ٪) ويكون بالزيادة أو بالنقصان.

أنواع المقاومات:

1- **المقاومة الكربونية** : Carbon Resistor

عبارة عن قضيب من السيراميك يرسب عليه مسحوق من الكربون و كلما زادت كمية الكربون قلت قيمة المقاومة يفضل استخدامها لأنها أصغر في الحجم وتكلفة صناعتها قليلة و دائما تكون مقاومات ثابتة.

2- **المقاومة السلكية:** Wire-wound resistor

عبارة عن سلك طويل عادة من النيكل كروم ويلف على قالب من السيراميك وتكون أكثر استقراراً وأكثر دقة من المقاومات الكربونية. و يوجد منها نوعان أ- مقاومة ثابتة ب- مقاومة متغيرة

3- **المقاومة الحرارية:** Thermistor

هي مقاومة حساسة لدرجة الحرارة. وكلما زادت درجة الحرارة قلت قيمة المقاومة .

4- **المقاومة الضوئية:** Photoresistor

تصنع من مادة حساسة للضوء مثل "Cadmium sulfide" وكلما زاد مستوى الضوء كلما قلت قيمة المقاومة.

5- **المقاومات المتغيرة:** Variable resistors

تستخدم للحصول علي قيمة متغيرة من المقاومة. و هذه المقاومات تسمى Potentiometers وهي تكون جزء من اللفة أو لفة كاملة أو عدة لفات. و تتوفر المقاومات المتغيرة في أشكال مختلفة ، وأكثرها شيوعا هي مجزئات الجهد ذوات المسارات الكربونية ومقاييس فرق الجهد ذوات الأسلاك الملفوفة.

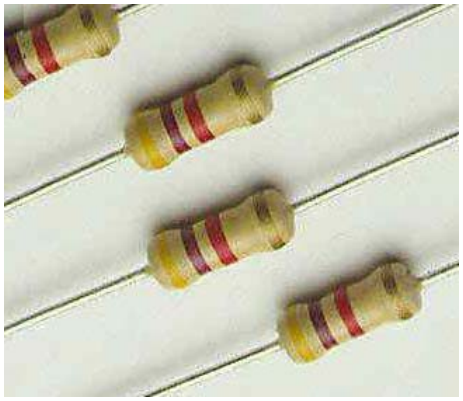
تحديد قيمة المقاومة باستخدام كود الألوان

تكون المقاومات الكربونية و المقاومات السلكية دائما مرسوم عليها خطوط لونية تشير إلى قيمتها وتفاوتها. وهناك طريقتان معتمدتان في الترميز اللوني وهما : المقاومات رباعية النطاقات اللونية و المقاومات خماسية النطاقات اللونية.

1- **المقاومات رباعية النطاقات اللونية :-**

- النطاق الأول والثاني نضعهم أرقام حسب اللون كما بالجدول التالي.
- النطاق الثالث (معامل الضرب) ونضع عدداً من الأصفار يساوي الرقم المناظر للون كما بالجدول.

- النطاق الرابع (نسبة التفاوت) ويكون 5% للون الذهبي ، 10% للون الفضي ، و 20% عند عدم وجود اللون كما بالجدول. شكل (2) يبين شكل المقاومات رباعية النطاق.

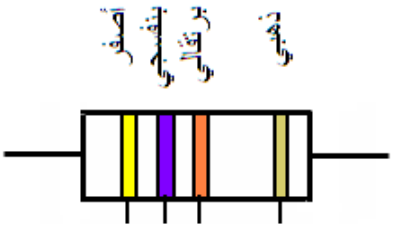


شكل (2) المقاومات رباعية النطاقات اللونية

كود المقاومات رباعية النطاق:

النطاق / اللون	الأول	الثاني	الثالث (معامل الضرب)	الرابع (التفاوت)
أسود Black	0	0	1	-
بني Brown	1	1	10	± 1%
أحمر Red	2	2	100	± 2%
برتقالي Orange	3	3	1,000	-
أصفر Yellow	4	4	10,000	-
أخضر Green	5	5	100,000	-
أزرق Blue	6	6	1,000,000	-
بنفسجي Violet	7	7	10,000,000	-
رمادي Gray	8	8	100,000,000	-
أبيض White	9	9	1,000,000,000	-
ذهبي Gold	-	-	0.1	± 5%
فضي Silver	-	-	0.01	± 10%
لا لون No Color	-	-	-	± 20%

مثال:



شكل (3) مقاومة **47 kΩ** بنسبة تفاوت **± 5 %**

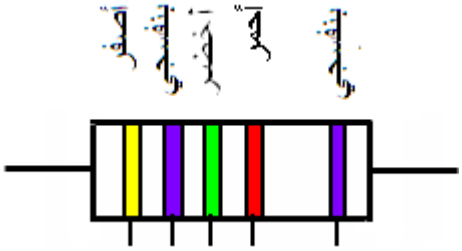
2- المقاومات خماسية النطاقات اللونية :-

- النطاق الأول والثاني والثالث نضعهم أرقام حسب اللون كما بالجدول التالي.
- النطاق الرابع (معامل الضرب) ونضع عدداً من الأصفار يساوي الرقم المناظر للون كما بالجدول.
- النطاق الخامس (نسبة التفاوت) ويكون كما بالعمود الأخير في الجدول. وتكون المقاومات خماسية النطاق عادةً أكثر دقة من المقاومات رباعية النطاق.

كود المقاومات خماسية النطاق:

النطاق / اللون	الأول	الثاني	الثالث	الرابع (معامل الضرب)	الخامس (التفاوت)
أسود Black	0	0	0	1	-
بني Brown	1	1	1	10	± 1%
أحمر Red	2	2	2	100	± 2%
برتقالي Orange	3	3	3	1,000	-
أصفر Yellow	4	4	4	10,000	-
أخضر Green	5	5	5	100,000	± 0.5%
أزرق Blue	6	6	6	1,000,000	± 0.25%
بنفسجي Violet	7	7	7	10,000,000	± 0.1%
رمادي Gray	8	8	8	100,000,000	± 0.05%
أبيض White	9	9	9	1,000,000,000	-
ذهبي Gold	-	-	-	0.1	± 5%
فضي Silver	-	-	-	0.01	± 10%
لا لون No Color	-	-	-	-	± 20%

مثال:



شكل (2) مقاومة 47.5 kΩ بنسبة تفاوت ± 0.1 %

توصيل المقاومات في الدائرة الكهربائية

توصل المقاومات في الدائرة الكهربائية بعدة طرق منها التوالي والتوازي والطريقة المركبة وهي التوالي مع التوازي في دائرة واحدة.

توصيل التوالي: توصل المقاومات بالتوالي لزيادة قيمة المقاومة الكلية للدائرة ولزيادة تحمل الدائرة للجهد. وفي هذه الحالة يمر نفس التيار في جميع المقاومات بينما يتم تقسيم الجهد على المقاومات. وتتناسب قيمة الجهد الواقع على المقاومة طردياً مع قيمتها، فكلما ارتفعت قيمة المقاومة زاد الجهد الواقع عليها في الدائرة. أي في توصيل التوالي يكون التيار ثابت بينما يتم توزيع الجهد على المقاومات.

توصيل التوازي: توصل المقاومات على التوازي لتقليل قيمة المقاومة الكلية ولزيادة تحمل الدائرة للتيار. وفي هذه الحالة تتحمل جميع المقاومات نفس الجهد بينما يتم تقسيم التيار على المقاومات. وتتناسب قيمة التيار المار في المقاومة عكسياً مع قيمتها، فكلما ارتفعت قيمة المقاومة قل التيار المار فيها. أي في توصيل التوازي يكون الجهد ثابت على المقاومات بينما يتم توزيع التيار.

التوصيل المركب: توصل المقاومات على التوالي والتوازي معاً في نفس الوقت. وفي هذه الحالة يتم تقسيم الجهد والتيار كما سبق.

تجربة (1)

توصيل المقاومات على التوالي وتحقيق قانون كيرشوف للجهود

الهدف من التجربة : كيفية توصيل المقاومات على التوالي والتأكد من تطابق الجهود المقاسة مع الجهود المحسوبة من قانون كيرشوف للجهود.

فكرة التجربة: توصيل المقاومات على التوالي يزيد من قيمة المقاومة الكلية للدائرة. فالمقاومة الكلية للدائرة تساوي المجموع الجبري للمقاومات:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \qquad (1)$$

وتكون قيمة التيار المار بالدائرة ثابت لجميع المقاومات ويساوي قيمة الجهد الكلي مقسوماً على المقاومة الكلية:

$$I = \frac{V}{R_t} \qquad (2)$$

ويتوزع الجهد الكلي للمصدر على المقاومات ويكون فقد الجهد على كل مقاومة يتناسب طرديا مع قيمة المقاومة:

$$V_1 = I\,x\,R_1$$
$$V_2 = I\,x\,R_2$$
$$V_3 = I\,x\,R_3 \qquad (3)$$

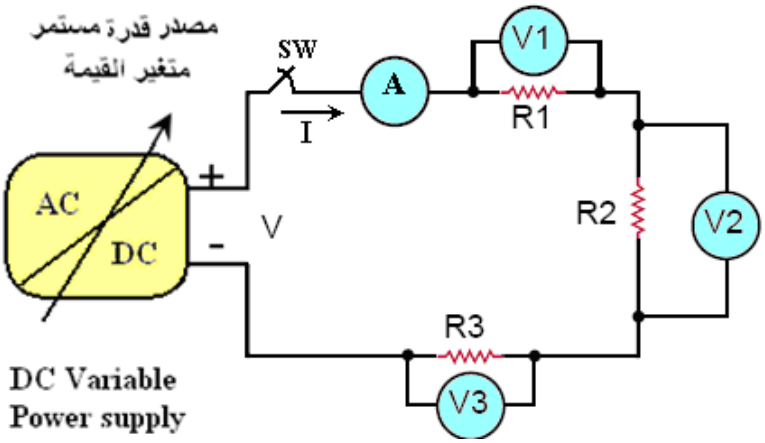
والمطلوب في هذه التجربة تحقيق قانون كيرشوف للجهود وهو: المجموع الجبري للجهد المفقود على المقاومات يساوي جهد المصدر:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 \qquad (4)$$

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-15V).
- ثلاثة أجهزة فولتميتر لقياس الجهد المستمر وأميتر واحد لقياس التيار المستمر.
- مقاومات ثابتة $R_1 = 1k\Omega$ و $R_2 = 3.9\ k\Omega$ و $R_3 = 5.1\ k\Omega$ ، جميع المقاومات 0.25W أو أكثر.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) توصيل المقاومات على التوالي

خطوات العمل :

1- صل الدائرة كما هو موضح في شكل (1) مع ضبط الجهد المستمر على 10V.

2- قم بغلق المفتاح وسجل قراءات الأجهزة في الجدول (1).

3- استخدم كود الألوان لحساب قيم المقاومات ثم احسب التيار من المعادلة (2) وسجلها بالجدول.

4- قم بحساب الجهود على المقاومات من المعادلة (3) وسجلها بالجدول.

5- حقق قانون كيرشوف للجهود بمقارنة مجموع الجهود على المقاومات مع جهد المصدر.

6- قارن بين القيم المقاسة والمحسوبة وسجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج :

	R_t	I	V_1	V_2	V_3	V
القيم المقاسة						
القيم المحسوبة						
تطابق النتائج (نعم/لا)						

جدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات :

تجربة (2)

توصيل المقاومات على التوازي وتحقيق قانون كيرشوف للتيار

الهدف من التجربة : كيفية توصيل المقاومات على التوازي والتأكد من تطابق التيارات المقاسة مع التيارات المحسوبة من قانون كيرشوف للتيار.

فكرة التجربة: توصيل المقاومات على التوازي يقلل من قيمة المقاومة الكلية للدائرة. فالمقاومة الكلية للدائرة تحسب من القانون:

$$\frac{1}{R_t}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} \qquad (1)$$

ويتوزع التيار الكلي للدائرة على المقاومات بنسب عكسية مع قيمة كل مقاومة. فالتيار المار في المقاومة يتناسب عكسيا مع قيمة المقاومة:

$$I_1=\frac{V}{R_1}$$
$$I_2=\frac{V}{R_2}$$
$$I_3=\frac{V}{R_3} \qquad (2)$$

ويكون قيمة الجهد على المقاومات ثابت ويساوي قيمة الجهد الكلي للدائرة. بينما يكون التيار الكلي بالدائرة عبارة عن مجموع التيارات المختلفة بالدائرة:

$$I=I_1+I_2+I_3 \qquad (3)$$

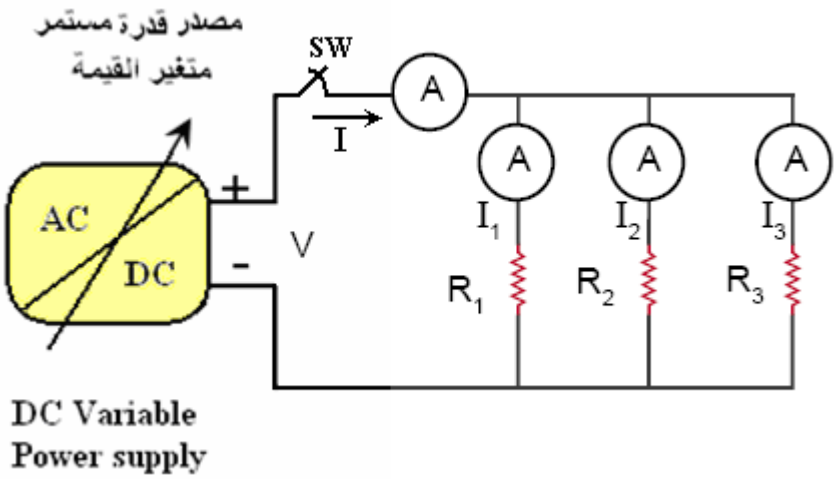
والمطلوب في هذه التجربة تحقيق قانون كيرشوف للتيار وهو: المجموع الجبري للتيارات الداخلة إلى نقطة ما يساوي المجموع الجبري للتيارات الخارجة منها.

$$I_t=I_1+I_2+I_3 \qquad (4)$$

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-15V).
- أربعة أجهزة أميتر لقياس التيار المستمر.
- مقاومات ثابتة $R_1=1k\Omega$ و $R_2=3.9\ k\Omega$ و $R_3=5.1\ k\Omega$ ، جميع المقاومات 0.25W أو أكثر.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة:



شكل (1) توصيل المقاومات على التوازي

خطوات العمل:

1- صل الدائرة كما هو موضح في شكل (1) مع ضبط الجهد المستمر على 10V.
2- قم بغلق المفتاح وسجل قراءات الأجهزة (التيارات) في الجدول (1).
3- استخدم كود الألوان لحساب قيم المقاومات ومن المعادلة (1) احسب R_t وسجلها في الجدول.
4- احسب التيارات من المعادلة (2) و(3) وسجلها بالجدول.
5- حقق قانون كيرشوف للتيار بمقارنة مجموع التيارات في الأفرع المختلفة مع التيار الكلي.
6- قارن بين القيم المقاسة والمحسوبة وسجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

	R_t	I_1	I_2	I_3	I
القيم المقاسة					
القيم المحسوبة					
تطابق النتائج (نعم/لا)					

جدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات:

القياس بالأجهزة التناظرية

مقدمة: يعتمد التقدم العلمي والتكنولوجي لأي أمة على مقدرتها على القياس والمعايرة ومن ثم تحديد وقياس الكميات المجهولة. كما يرتبط نجاح أي مهندس أو فني بقدرته على القياس الدقيق للكميات المجهولة و المقدرة على التحليل الدقيق لأداء أي دائرة واكتشاف عيوبها وإصلاحها. وتوجد ثلاث وسائل لقياس الكميات المجهولة وهي:

1- **الوسيلة الميكانيكية**: وهي تحويل الكميات المجهولة إلى إشارة محسوسة بوسيلة ميكانيكية كمقياس الضغط للسوائل والغازات وقياس الكتلة.
2- **الوسيلة الكهربية أو التناظرية**: كقياس التيار والجهد باستخدام أجهزة القياس التناظرية.
3- **الوسيلة الإلكترونية**: وهي وسيلة حساسة جداً للقياس نظراً لدرجة التكبير العالية الموجودة بالمكونات الإلكترونية كالفولتميتر الرقمي.

وتعتبر الوسيلة الإلكترونية أفضل الوسائل من الناحية العملية للتسجيل والقياس نظراً لدقتها وحساسيتها العالية وسرعة استجابتها وسهولة قراءتها ومرونتها للاستخدام المتعدد خاصة عندما تستخدم مع أجهزة الحماية والتحكم.

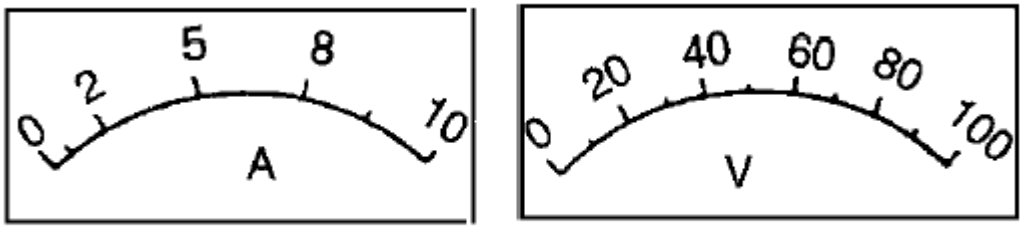
تتركب أجهزة القياس التناظرية من ثلاثة عناصر أساسية:

1- **عنصر الحركة**: وهو العنصر الذي يولد القوة الميكانيكية والتي تنشأ نتيجة مرور التيار أو نتيجة الجهد والذي يسبب انحراف المؤشر.
2- **عنصر التحكم**: وهو العنصر الذي يولد قوة ميكانيكية تعادل قوة الانحراف التي يولدها عنصر الحركة. وتسبب توقف المؤشر عند قيم القراءات التي تناظر القيم المقاسة كما تسبب عودة المؤشر لنقطة الصفر عند زوال التيار أو الجهد المسبب للحركة.
3- **عنصر المضاءلة**: وهو العنصر الذي يولد قوة المضاءلة التي تجعل المؤشر يصل إلى موضعه النهائي للقراءة بدون التأرجح حول نقطة القراءة. ويوجد منه ثلاثة أنواع:
   أ- المضاءلة بالتيارات الدوامية.
   ب- المضاءلة بضغط الهواء.
   ج- المضاءلة بضغط السوائل.

ويوجد نوعان من التدريج:

1- **تدريج خطي**: حيث يقسم التدريج أقسام متساوية لقيم متساوية من القراءات شكل(1- أ).

2- **تدريج غير خطي**: حيث يقسم التدريج إلى أقسام غير متساوية لقيم متساوية من القراءات، وأحياناً يبدأ التدريج بأقسام متسعة ثم يكون مضغوطاً في نهاية التدريج (مثل تدريج الأوميتر)، أو العكس شكل(1- ب).



(أ) تدريج خطي (ب) تدريج غير خطي

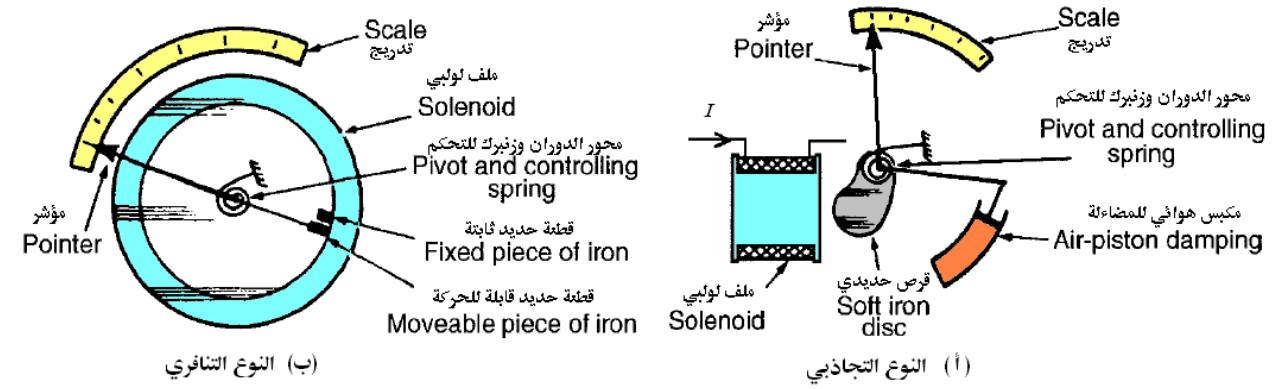
شكل (1) أنواع التدريج للأجهزة التناظرية.

أجهزة الملف ذو الحديدة المتحركة:

تعتمد أجهزة الحديدة المتحركة على مبدأ التنافر والتجاذب بين المجالات المغناطيسية. حيث يتم مغنطة ملف بمرور تيار كهربائي به فيؤثر على قطعة أو قطعتين من الحديد فيؤدي إلى التجاذب أو التنافر. وتنقسم هذه الأجهزة إلى نوعين:

1- **النوع التجاذبي**: وبه ملف كهربائي موضوع بالقرب منه قطعة من الحديد قابلة للحركة مركبة على زنبرك ومتصلة بمؤشر. فعندما يمر التيار الكهربائي في الملف ينشأ مجال مغناطيسي داخل الملف فيجذب قطعة الحديد المتحركة فتنحرف عن مكانها مسببة حركة المؤشر على التدريج كما هو موضح بشكل (2-أ).

2- **النوع التنافري**: يتكون من قطعتين من الحديد موضوعتين داخل ملف كهربائي. والقطعتين متجاورتين إحداهما ثابتة والأخرى قابلة للحركة تحمل مؤشر ومتصلة بزنبرك. وعند مرور التيار الكهربائي في الملف تتمغنط القطعتان بنفس القطبية مما يؤدي إلى تنافرهما. وتتحرك قطعة الحديد القابلة للحركة مبتعدة عن القطعة الثابتة ومسببة حركة المؤشر على التدريج كما هو موضح بشكل (2-ب).



شكل (2) تركيب أجهزة الملف ذو الحديدة المتحركة.

جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك:

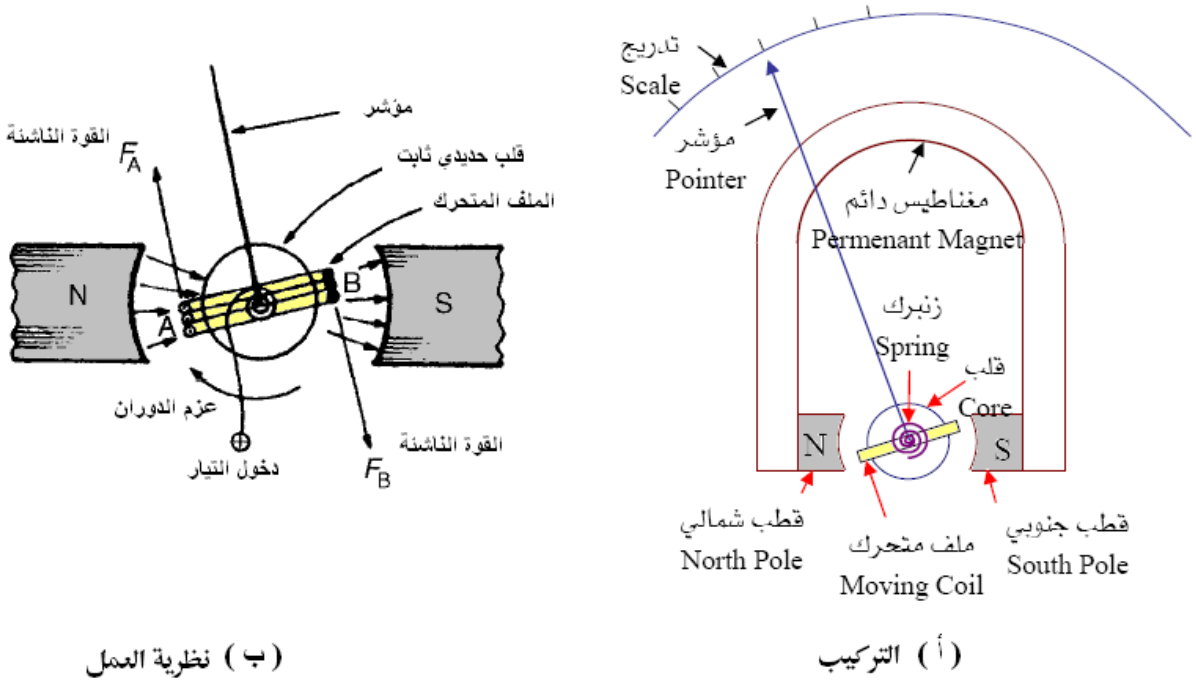
جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك – ويسمى أيضاً جهاز دارسونفال ذو الملف المتحرك (D' Arsonval meter movement) - يستخدم أساساً لقياس التيار المستمر ذو الشدة الصغيرة جداً، مما يعني أنه جهاز حساس يستخدم للكشف عن التيارات المستمرة الصغيرة مثل استخدامه للكشف عن **اتزان** القناطر الكهربية. و يعتبر جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك حجر الأساس الذي يبنى عليه عمل أجهزة القياس التناظرية مثل أجهزة قياس التيار والجهد والمقاومة والقدرة...الخ وذلك باضافة مقاومات توازي أو توالي نسميها عادة بالمقاومات الضاربة (multipliers) لإطالة مدى القياس لتلك الأجهزة. كما يزود الجهاز بتدريج يتناسب مع قيمة ونوع الكمية المراد قياسها.

وصف الجهاز: تعتمد نظرية عمل الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك على التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي. ويتركب الجهاز من ملف (يمر فيه التيار المراد قياسه) يوضع حر الحركة بين قطبي مغناطيس دائم ويتصل الملف بمؤشر يتحرك على تدريج به مرآه وذلك ضد قوة فعل زنبرك . وعند مرور التيار في الملف تنشأ قوة ضد قوة فعل الزنبرك تعطى بالعلاقة:

$$F = BLI \qquad \text{Newton}$$

فاذا كانت كثافة الفيض B ثابتة (مغناطيس دائم) ، وكانت L ثابتة لثبات طول الملف، فإن القوة المغناطيسية الناشئة في الملف F تتناسب مع التيار I المار في الملف. أي أن القوة الناشئة ومن ثم انحراف المؤشر يتناسب طردياً مع التيار المار بالملف. في أجهزة الملف المتحرك يوضع الملف في الثغرة الهوائية بين قطبي مغناطيس دائم على شكل حدوة الفرس كما هو موضح في شكل (3).

ويدخل التيار للملف عبر شريحتين من الفوسفور البرونزي الملفوفتين على هيئة زنبرك عكس بعضهما وذلك لتقليل تأثير التغيرات الحرارية على القراءة ولتقليل اهتزازات المؤشر وأيضا لإرجاع المؤشر للصفر فى حالة عدم مرور تيار.



(أ) التركيب (ب) نظرية العمل

شكل (3) تركيب و نظرية عمل الجلفانومتر ذو الملف المتحرك.

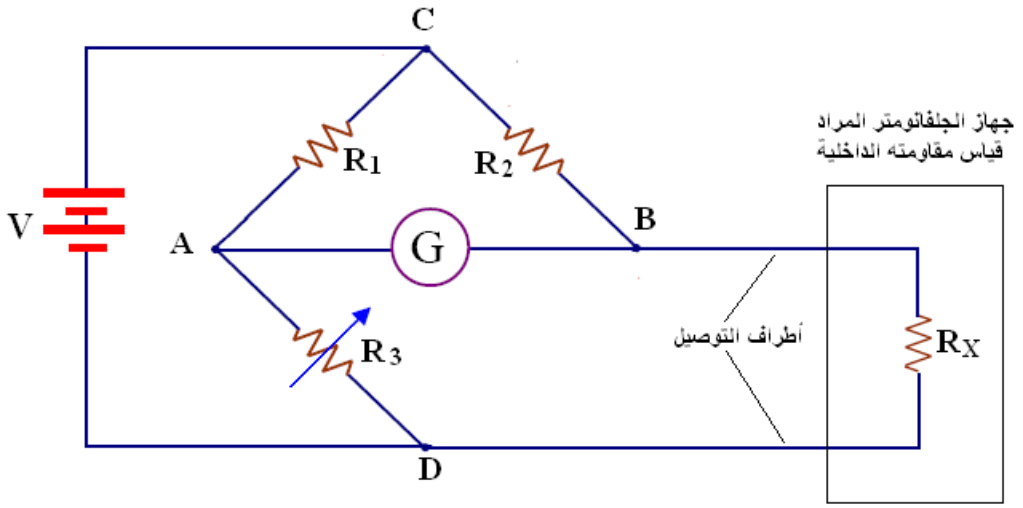
جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك المزود بمقوم:

يستعمل جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس التيار المستمر ولتعديله ليصلح لقياس التيار المتردد يزود بمقوم إما نصف موجة أو مقوم موجي كامل كما سنرى في التجارب القادمة. ويتم إضافة مقاومات لإطالة المدى كما في حالة التيار المستمر . كما يتم معايرة الجهاز ليقيس القيمة الفعالة إما للجهد أو للتيار المتردد.

تحديد المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك:

من المهم عند التعامل مع أجهزة الملف المتحرك معرفة المقاومة الداخلية للجهاز (R_m) وكذلك التيار الأقصى للانحراف (I_{fs}) وذلك حتى نتمكن من حساب المقاومة المضافة توازي أو توالي مع الجهاز وذلك لإطالة مدى القياس.

ولتحديد المقاومة الداخلية للجهاز يمكن استخدام أي من قناطر القياس مثل قنطرة ويتستون (شكل 4) كما سندرسها فيما بعد. وهناك طرق أخرى سنعرفها مع التجربة الأولى لاستخدام الجهاز.



شكل (4) كيفية تحديد المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر

كيفية أخذ القراءات بطريقة صحيحة على الأجهزة التناظرية :

1. يتم وضع الجهاز بصورة صحيحة ، أفقي إذا كان جهاز معملي، أو رأسي إذا كان جهاز حائطي.
2. قبل استعمال الجهاز يجب فهم استخداماته وطريقة توصيله من قبل المدرب أو كتيب التشغيل.
3. لتجنب تلف الجهاز يجب ضبط الجهاز على التدريج المناسب أو الأعلى قليلاً من الجهد أو التيار المتوقع قبل التوصيل.
4. مراعاة قطبية أطراف التوصيل في حالة التيار المستمر أو أطراف الملفات في حالة الواتميتر مثلاً ومراعاة أطراف التوصيل في حالة الأجهزة المتعددة الاستخدامات.
5. بعد التوصيل ، يجب الانتظار قليلاً حتى يستقر المؤشر قبل أخذ القراءة.
6. يجب النظر للمؤشر بطريقة عمودية وذلك بجعل المؤشر ينطبق على صورته على مرآة التدريج .
7. إذا كان هناك أكثر من تدريج يجب التركيز على التدريج المناسب.
8. لا تنسى معامل الضرب إن وجد عند الحسابات النهائية للقراءة.

مقارنة بين الثلاثة أنواع من الأجهزة التناظرية:

م	وجه المقارنة	أجهزة الحديدة المتحركة	أجهزة الملف المتحرك	أجهزة الملف المتحرك المزودة بمقوم
1	صلاحية القياس	كلا من التيار والجهد المستمر و المتردد (القيمة الفعالة)	كلا من التيار والجهد المستمر فقط	كلا من التيار والجهد المتردد (قيمة متوسطة ويضبط التدريج ليقرأ القيمة الفعالة)
2	التدريج	غير خطي	خطي	خطي
3	وسيلة التحكم	زنبرك لولبي	زنبرك لولبي	زنبرك لولبي
4	وسيلة المضاءلة	ضغط الهواء	التيارات الدوامية	التيارات الدوامية
5	مدى التردد	20-200 Hz	DC	20-100 kHz
6	المميزات	1- متين التركيب 2- رخيص الثمن 3- يصلح لكلا التيارين المستمر والمتردد 4- يعمل على مدى واسع من الترددات	1- تدريج خطي 2- حساسية عالية 3- لا يتأثر بالمجالات الشاردة 4- قليل الاستهلاك للقدرة	1- تدريج خطي 2- حساسية عالية 3- لا يتأثر بالمجالات الشاردة 4- قليل الاستهلاك للقدرة 5- يعمل جيداً على مدى واسع من الترددات
7	العيوب	1- تدريج غير خطي 2- يتأثر بالمجالات المغناطيسية الشاردة 3- وجود أخطاء التخلف المغناطيسي في الدائرة المغناطيسية	1- مناسب فقط للتيار المستمر 2- غالي الثمن مقارنة بأجهزة الحديدة المتحركة 3- سهل التلف مقارنة بأجهزة الحديدة المتحركة	1- غالي الثمن مقارنة بأجهزة الحديدة المتحركة 2- وجود أخطاء في حالة التيار غير الجيبي

م	وجه المقارنة	أجهزة الحديدة المتحركة	أجهزة الملف المتحرك	أجهزة الملف المتحرك المزودة بمقوم
		4- معرض لأخطاء نتيجة ارتفاع درجة الحرارة 5- نتيجة وجود المحاثة، تتأثر القراءات بتغير التردد		

وسوف ننفذ بعض التجارب على أجهزة الملف المتحرك وكذلك أجهزة الملف المتحرك المزودة بمقوم نظراً لانتشارها بكثرة بين الأجهزة التناظرية لميزاتها وقلة عيوبها.

تجربة (3)

قياس المقاومة الداخلية للجلفانوميتر ذو الملف المتحرك

الهدف من التجربة : كيفية قياس المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك بأكثر من طريقة وايجاد المتوسط لها لزيادة الدقة.

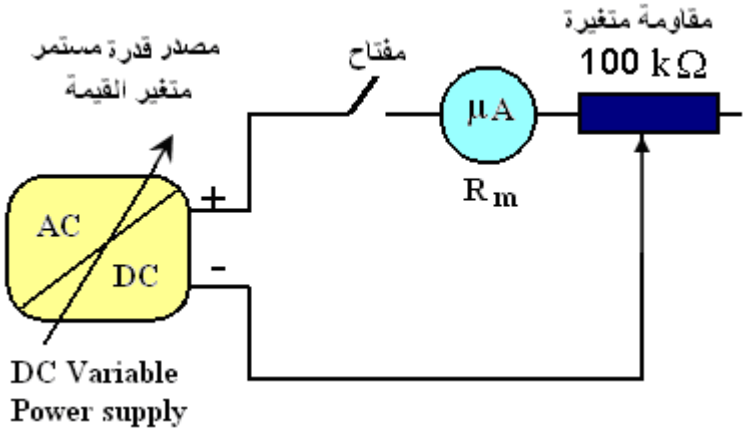
الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-5V).
- جهاز جلفانوميتر ذو ملف متحرك (0-1 mA).
- مللي فولتميتر لقياس الجهود الصغيرة.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات متغيرة $(22k\Omega,\ 100\ k\Omega)$.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

ولزيادة الدقة سوف نستخدم ثلاث طرق مختلفة لتحديد المقاومة الداخلية للجهاز ثم نحسب المتوسط للثلاث قيم المقاسة.

الطريقة الأولى :طريقة المقاومة المتغيرة

1- صل الدائرة كما هو موضح في شكل (1) مع ضبط المقاومة المتغيرة عند أقصى قيمة وضبط الجهد المتغير عند الصفر.
2- ببطء زد من قيمة جهد المصدر حتى 1 فولت.
3- ببطء قلل من قيمة المقاومة المتغيرة حتى تحصل على أقصى انحراف للجلفانوميتر.
4- افصل الدائرة من المفتاح ، و بحرص افصل المقاومة المتغيرة وقس قيمتها بالأفوميتر الرقمي وسجل قيمتها R_1 في الجدول رقم (1).
5- أعد توصيل الدائرة وكرر الخطوات من 1 حتى 3 ولكن في هذه الحالة قلل من المقاومة حتى تحصل على نصف الانحراف الأقصى للجلفانوميتر.
6- افصل الدائرة و بحرص افصل المقاومة المتغيرة وقس قيمتها بالأفوميتر الرقمي وسجل قيمتها R_2 في الجدول رقم (1).
7- احسب المقاومة الداخلية للجهاز R_{m1} من القانون: $R_{m1} = R_2 - 2R_1$



شكل (1) قياس المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر بطريقة المقاومة المتغيرة

الطريقة الثانية :طريقة مجزئ الجهد

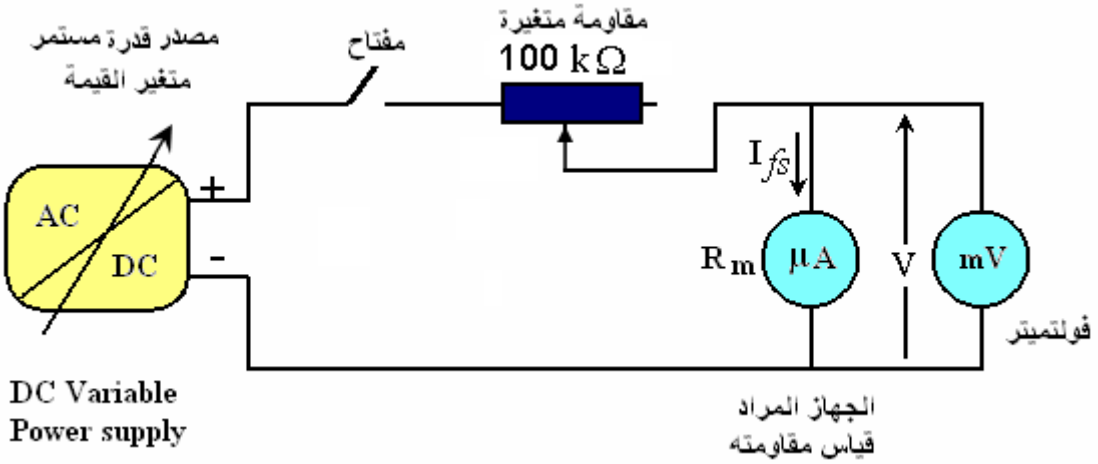
1- صل الدائرة كما هو موضح في شكل (2) مع ضبط المقاومة المتغيرة عند أقصى قيمة والجهد المتغير عند الصفر.

2- ببطء زد من قيمة جهد المصدر حتى يصل إلى (1 *Volt*) فولت.

3- ببطء قلل من قيمة المقاومة المتغيرة حتى تحصل على أقصى انحراف للجلفانوميتر $(I = I_{fs})$.

4- وسجل قراءة الجهد والتيار (انتبه للوحدات) في الجدول رقم (1).

5- احسب المقاومة الداخلية للجهاز من القانون: $R_{m2} = \frac{V}{I_{fs}}$



شكل (2) قياس المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر بطريقة مجزئ الجهد

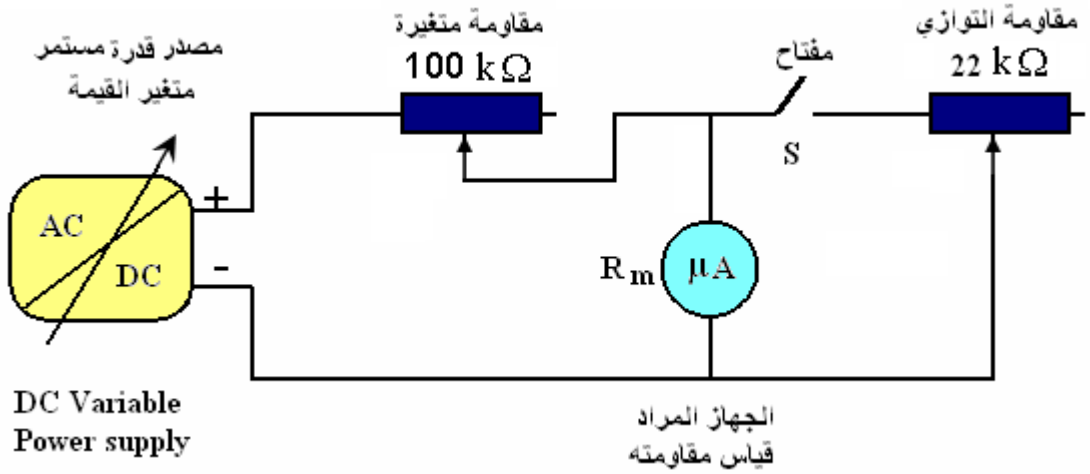
الطريقة الثالثة :طريقة مقاومة التوازي

1- صل الدائرة كما هو موضح في شكل (3) مع ضبط المقاومة المتغيرة (100 kΩ) لتعطي أقصى انحراف لمؤشر الجهاز كما سبق.

2- أغلق المفتاح S وغير في المقاومة (22 kΩ) لتعطي نصف الانحراف الأقصى لمؤشر الجلفانوميتر ، وفي هذه الحالة تكون مقاومة التوازي تساوي مقاومة الجهاز.

3- افصل مصدر القدرة و بحرص افصل المقاومة المتغيرة (22 kΩ) وقس قيمتها بالأفوميتر الرقمي وسجل قيمتها $R_{m3} = R_1$ في الجدول رقم (1).

4- احسب المقاومة الداخلية المتوسطة للجهاز R_{m_av} من القانون: $R_{m_av} = \frac{R_{m1} + R_{m2} + R_{m3}}{3}$



شكل (3) قياس المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر بطريقة مقاومة التوازي

النتائج:

طريقة المقاومة المتغيرة	طريقة مجزئ الجهد	طريقة مقاومة التوازي	المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر
R_1=	V(mV)=	R_1=	- - - - - -
R_2=	I(μA)=	- - - - -	- - - - -
R_{m1}=	R_{m2}=	R_{m3}=	R_{m_av}=

جدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات:

تجربة (4)

استخدام الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس الجهد المستمر (الفولتميتر)

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك كفولتميتر لقياس الجهد المستمر وكيفية حساب المقاومات الضاربة للحصول على أكثر من مدى للقياس. ومدى القياس المراد في هذه التجربة هو : 1V، 2V ، 5V، 10V ، 20V .

فكرة التجربة: من المعلوم أن جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك يستخدم لقياس التيارات الصغيرة ولاستخدامه لقياس الجهد الصغير نطبق قانون أوم: $V = I \times R$

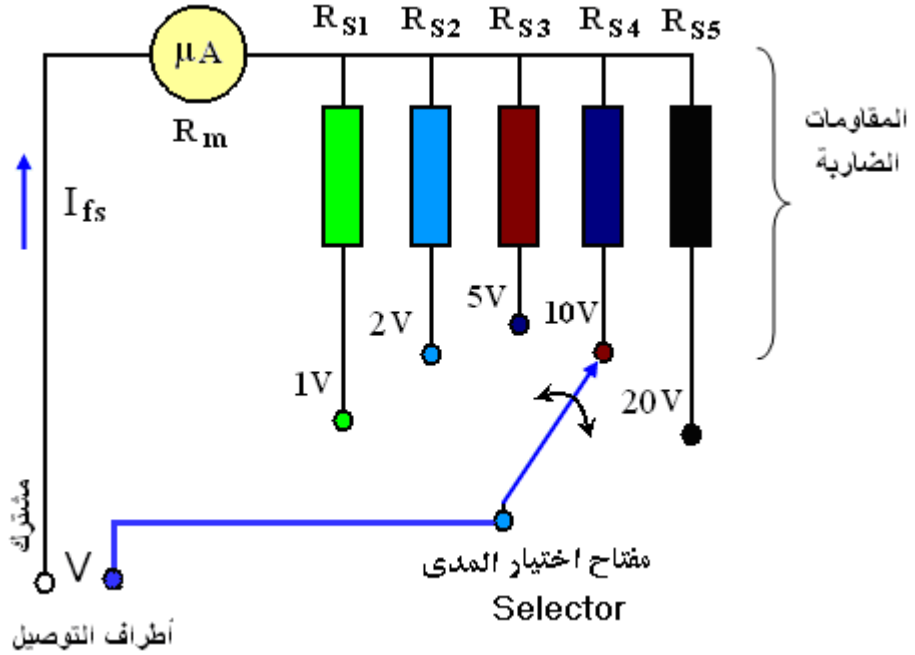
أي نمرر التيار في مقاومة فينشأ جهد يتناسب مع التيار المار وبذلك بدلاً من قياس التيار نقيس الجهد.

وبما أن المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك صغيرة وتيار أقصى انحراف صغير جداً (بالمايكرو أمبير) . وعند استعمال الجهاز كفولتميتر لقياس الجهد المستمر فإنه يقيس جهود لا تتعدى (10 mV). وعند استعمال الجهاز كفولتميتر يوصل الجهاز بالتوازي في الدائرة مع الجهد المراد قياسه ولذلك سوف يتعرض لجهد عال وسيمر فيه تيار كبير يؤدي إلى تلف ملف الجهاز. ولذلك يجب توصيل مقاومة كبيرة بالتوالي مع الجهاز لتحد من قيمة التيار المار حتى لا يتعدى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز. وتسمى هذه المقاومة بالمقاومة الضاربة (multiplier) والهدف منها زيادة مدى القياس للجهاز.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-20V).
- جهاز جلفانوميتر (0-1 mA).
- مللي فولتميتر لقياس الجهود الصغيرة.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات مختلفة القيم .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) استخدام جهاز الجلفانوميتر كجهاز فولتميتر للجهد المستمر

خطوات العمل :

1. قم بحساب قيمة المقاومة الضاربة R_S لإطالة مدى القياس لكل تدريج للجهاز من القانون:

$$R_S = \frac{V}{I_{fs}} - R_m$$

حيث V هو المدى. وفي حالة عدم توفر القيمة للمقاومة من المقاومات الثابتة يستخدم مقاومة متغيرة.

2. صل التجربة كما بالشكل (1) واضبط الجهد عند الصفر.
3. استخدم قيمة المقاومة الداخلية R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة السابقة.
4. صل المقاومة للتدريج 1V ثم زد من قيمة الجهد المستمر للمصدر المراد قياسه حتى تصل إلى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز ثم قس الجهد بالفولتميتر الرقمي و سجل قيمة الجهد E في الجدول .
5. احسب نسبة الخطأ في قراءة الجهاز من القانون:

$$error\% = \frac{E - V}{E} * 100$$

حيث E هي قيمة الجهد المقاسة بالفولتميتر الرقمي، و V هي المدى الذي نعمل عليه وهو في الحالة الأولى 1V وفي الثانية 2V وهكذا ثم سجل نسبة الخطأ في الجدول .

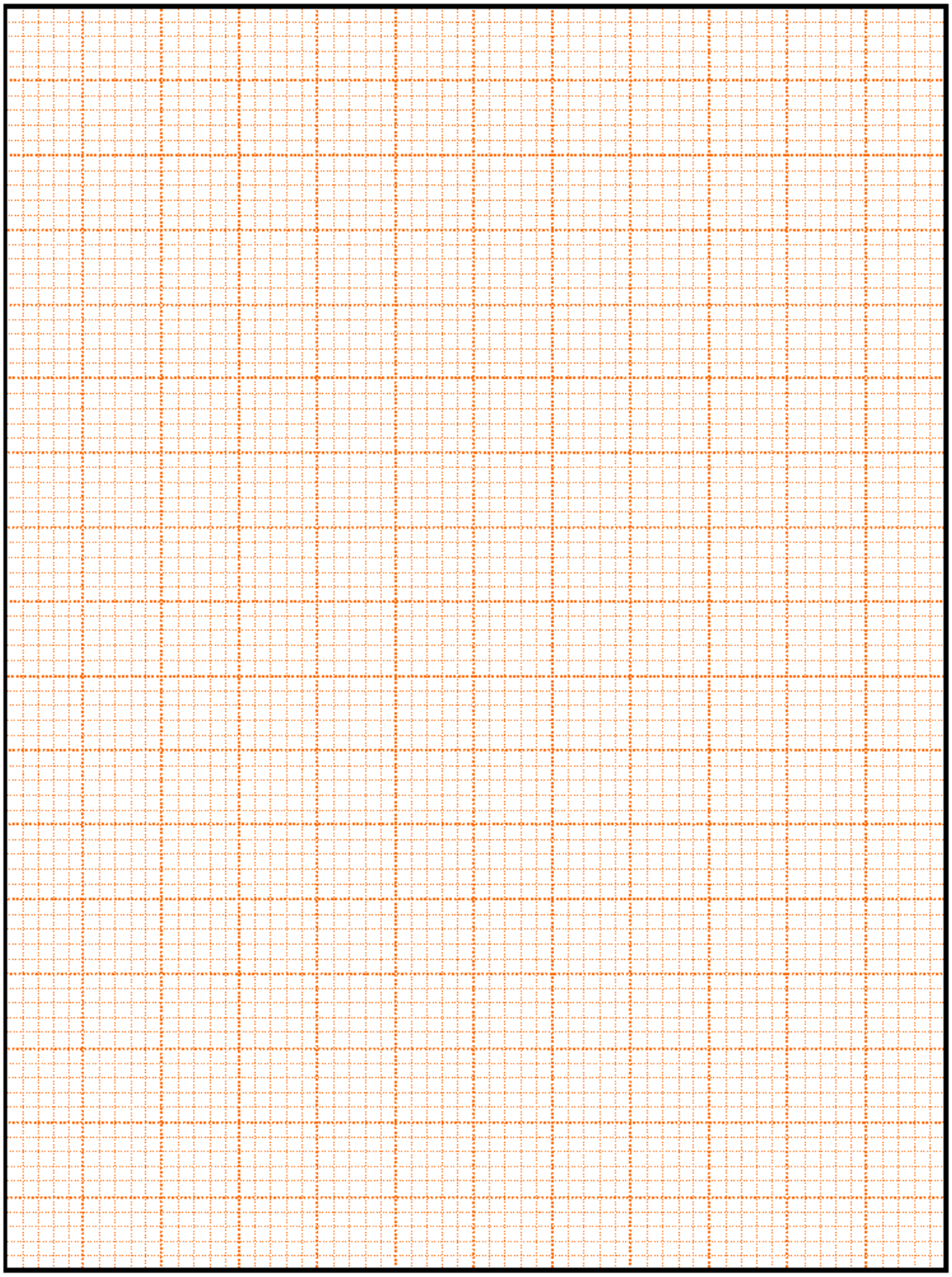
6. كرر الخطوات السابقة مع باقي المقاومات لتصميم الفولتميتر عند كل مدى وحساب نسبة الخطأ المئوية في كل حالة وسجل البيانات والحسابات في الجدول
7. ارسم علاقة بين المدى على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأسي.
8. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

م	المدى	المقاومة الضاربة R_S	E (Volt)	V(Volt)	نسبة الخطأ ٪
1	0-1 V			1	
2	0-2 V			2	
3	0-5 V			5	
4	0-10 V			10	
5	0-20 V			20	

الملاحظات:

الرسم البياني:



تجربة (5)

استخدام الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس شدة التيار المستمر (أميتر)

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك (0-100μA) كأميتر لقياس التيار المستمر (0-20mA) وكيفية حساب المقاومة الضاربة للحصول على مدى القياس المراد .

فكرة التجربة : من المعلوم أن جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك يستخدم لقياس التيارات الصغيرة وبما أن ملف الجهاز مصنع من أسلاك دقيقة للغاية وتيار أقصى انحراف في معظم الأجهزة لا يتعدى (50 μA)، وعند استعمال الجهاز كأميتر لقياس التيار المستمر فإنه يوصل توالي بالدائرة وبذلك يمر به تيار الحمل الكامل مما يؤدي إلى تلف الجهاز. ولذلك يجب توصيل مقاومة صغيرة على التوازي مع الجهاز لتتحمل معظم تيار الحمل وتسمح فقط بمرور تيار أقصى انحراف (I_{fs}) فقط بملف الجهاز حتى تحمي الجهاز من التلف. وتسمى هذه المقاومة بالمقاومة الضاربة (R_{sh}) والهدف منها زيادة مدى القياس للجهاز.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-15V).
- جهاز جلفانوميتر (0-100 μA).
- مللي أميتر لقياس التيارات الصغيرة.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومة للحمل (100Ω, 2 W).
- مقاومات قدرة مختلفة القيم .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

القانون المستخدم في الحساب :

في شكل (1) الجهد على طرفي الجهاز يساوي الجهد على طرفي مقاومة التوازي :

$$V_m = Rm * I_{fs}$$
$$V_{sh} = R_{sh} * I_{sh}$$
$$R_m * I_{fs} = R_{sh} * I_{sh}$$
$$I_{sh} = I - I_{fs}$$

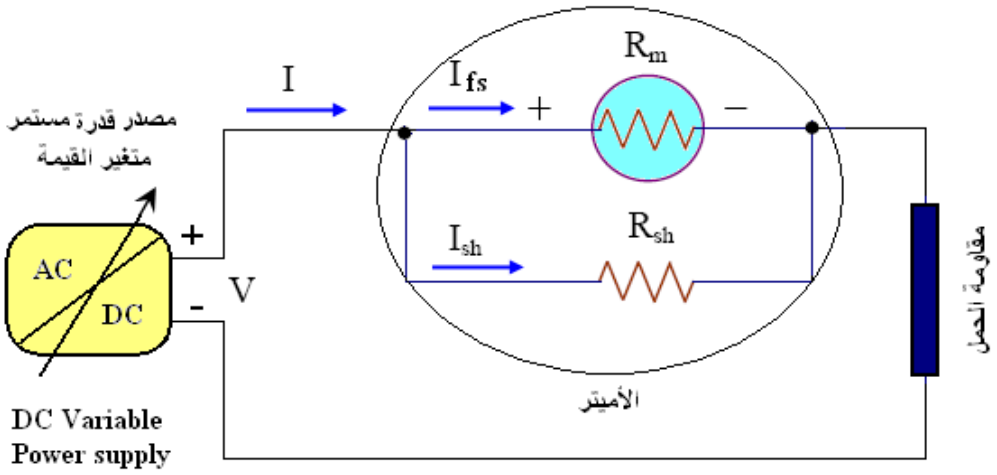
$$R_{sh} = \frac{R_m}{\frac{I}{I_{fs}} - 1} = \frac{R_m}{n-1} \qquad (1)$$

$$\therefore R_{sh} = \frac{V_{sh}}{I_{sh}} = \frac{I_{fs} R_m}{I - I_{fs}}$$

حيث n تسمى معامل التكبير للتيار وتحسب من القانون:

$$n = \frac{I}{I_{fs}}$$

الدائرة المستخدمة:



شكل (1) استخدام جهاز الجلفانوميتر كأميتر لقياس التيار المستمر

خطوات العمل:

1. استخدم قيمة R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة الأولى.
2. قم بحساب قيمة المقاومة الضاربة R_{Sh} لزيادة مدى القياس من المعادلة $R_{sh} = \frac{R_m}{n-1}$.

   حيث n هي معامل التكبير

   وفي حالة عدم توفر القيمة للمقاومة المحسوبة من المقاومات القياسية تستخدم مقاومة متغيرة.
3. صل مقاومة الحمل أو اختر حمل مناسب للتيار المراد قياسه.
4. صل التجربة كما بالشكل (1) واضبط الجهد عند الصفر.
5. زد من قيمة الجهد حتى تصل إلى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز.
6. انزع الجلفانوميتر مع مقاومة التوازي من الدائرة ثم صل الملي أميتر مكانها وقس تيار الحمل ثم سجل قيمة التيار I_1 في الجدول .
7. احسب نسبة الخطأ في قراءة الجهاز من القانون: $error\% = \frac{I_1 - I}{I_1} * 100$

حيث I_1 هي قيمة التيار الصحيحة المقاسة بالمللي أميتر، و I هي المدى الذي نعمل عليه وهو في الحالة الأولى 5 mA ثم سجل نسبة الخطأ في الجدول .

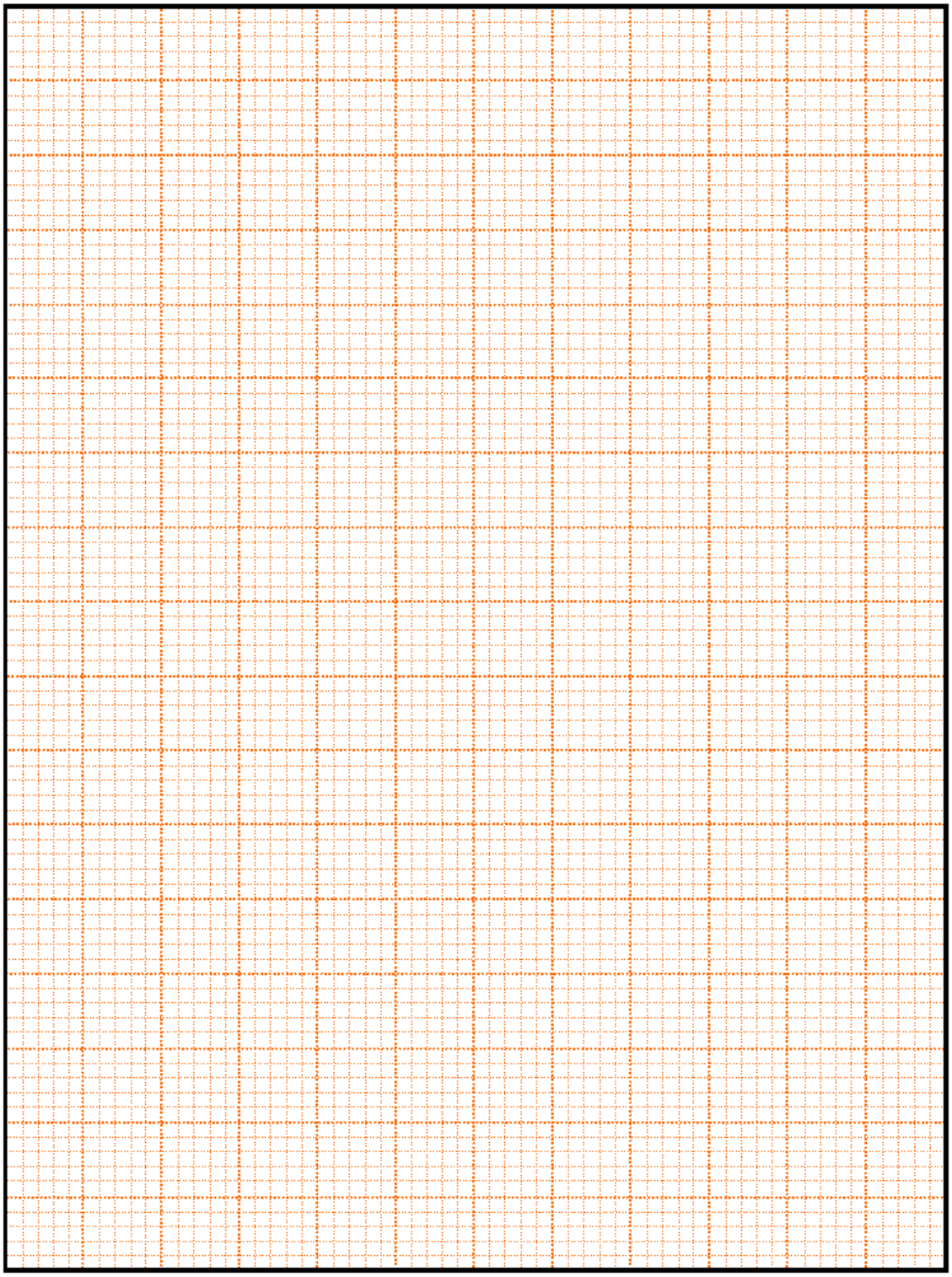
8. اختر مدى آخر ثم كرر الخطوات السابقة واحسب نسبة الخطأ المئوية في كل حالة وسجل البيانات والحسابات في الجدول.
9. ارسم علاقة بين المدى على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأسي.
10. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

م	المدى	المقاومة الضاربة R_{Sh}	I_1 (mA)	I(mA)	نسبة الخطأ ٪
1	0-5 mA			5	
2	0-10 mA			10	
3	0-20 mA			20	

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



تجربة (6)

استخدام الجلفانوميتر كفولتميتر لقياس الجهد المتردد باستخدام دائرة توحيد نصف موجة

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك كفولتميتر لقياس الجهد المتردد وكيفية حساب المقاومات الضاربة للحصول على أكثر من مدى للقياس باستخدام موحد نصف موجة.

فكرة التجربة: استخدمنا جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك في تجارب سابقة لقياس الجهد والتيار المستمرين ولاستخدامه لقياس الجهد المتردد يجب إضافة تعديل على الجهاز للتعديل من إمكانيات الجهاز لقياس الكميات المترددة. وكما علمنا في تجارب سابقة أن انحراف المؤشر للجهاز يعتمد على اتجاه مرور التيار المستمر. وفي دوائر التيار المتردد يكون مرور التيار في الاتجاهين وبذلك سوف لا ينحرف المؤشر لتساوي العزم في كلا الاتجاهين. وبإضافة دائرة لتوحيد الجهد المتردد ليصبح جهداً مستمراً فنتمكن من قياسه. وتنقسم دوائر توحيد الجهد الأحادي الوجه المتردد هنا إلى قسمين: دوائر توحيد نصف موجة ودوائر توحيد موجة كاملة وسنستخدم دائرة توحيد نصف موجة في هذه التجربة.

القوانين المستخدمة :

لدائرة التوحيد أحادية الوجه ذات التوحيد نصف الموجة تكون العلاقة بين جهد الخرج المستمر V_{dc} وجهد الدخل الفعال V_{RMS} :

$$V_{dc} = \frac{Vm}{\pi} = \frac{\sqrt{2}\,V_{RMS}}{\pi} = 0.45 V_{RMS}$$

وحساسية الجلفانوميتر للتيار المستمر S_{dc} هي:

$$S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}}\ \Omega/V \qquad (1)$$

وتكون حساسية الجلفانوميتر للتيار المتردد S_{ac} هي:

$$S_{ac} = 0.45 S_{dc} = \frac{0.45}{I_{fs}}\ \Omega/V$$

وتكون مقاومة التوالي R_S المطلوب إضافتها للجلفانوميتر هي:

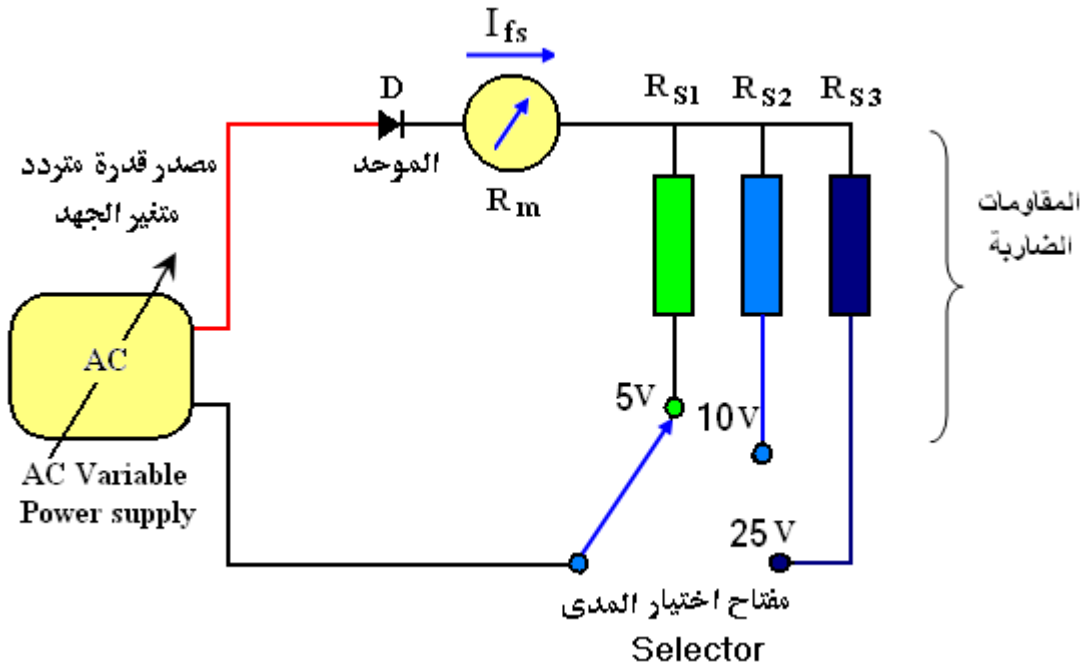
$$R_S = S_{ac} * Range_{ac} - R_m \qquad (2)$$

حيث إن $Range_{ac}$ هو المدى المطلوب.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد متغير الجهد (0-20V).
- جهاز جلفانوميتر (10-100 µA).
- عدد 1 موحد سليكوني (دايود).
- جهاز راسم ذبذبات وأطراف توصيل.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات متغيرة مختلفة القيم .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) تعديل الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك ليصلح لقياس الجهد المتردد (بموحد نصف موجة)

خطوات العمل :

1. استخدم قيمة R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة الأولى.
2. احسب حساسية الجلفانوميتر للتيار المتردد S_{ac} من المعادلة: $S_{ac} = \frac{0.45}{I_{fs}} \ \Omega/V$
3. قم بحساب قيمة المقاومات الضاربة R_S لإطالة مدى القياس لمدى الجهود (5 V, 10 V, 25 V)

من المعادلة (2): $R_S = S_{ac} * Range_{ac} - R_m$

4. صل التجربة كما بالشكل (1) واضبط الجهد عند الصفر.
5. زد من قيمة الجهد حتى تصل إلى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز.
6. قم بقياس جهد المصدر المتردد بجهاز الفولتميتر الرقمي وسجل قيمة الجهد (V_1) في الجدول.
7. صل جهاز راسم الذبذبات خلال المقاومة R_{S1} وارسم شكل جهد الخرج .
8. احسب نسبة الخطأ في قراءة الجهاز من القانون: $error\% = \frac{V_1 - V}{V_1} * 100$

حيث V_1 هي قيمة الجهد الصحيحة المقاسة بالفولتميتر الرقمي، و V هي المدى الذي نعمل عليه وهو في هذه الحالة 5V ثم سجل نسبة الخطأ في الجدول .

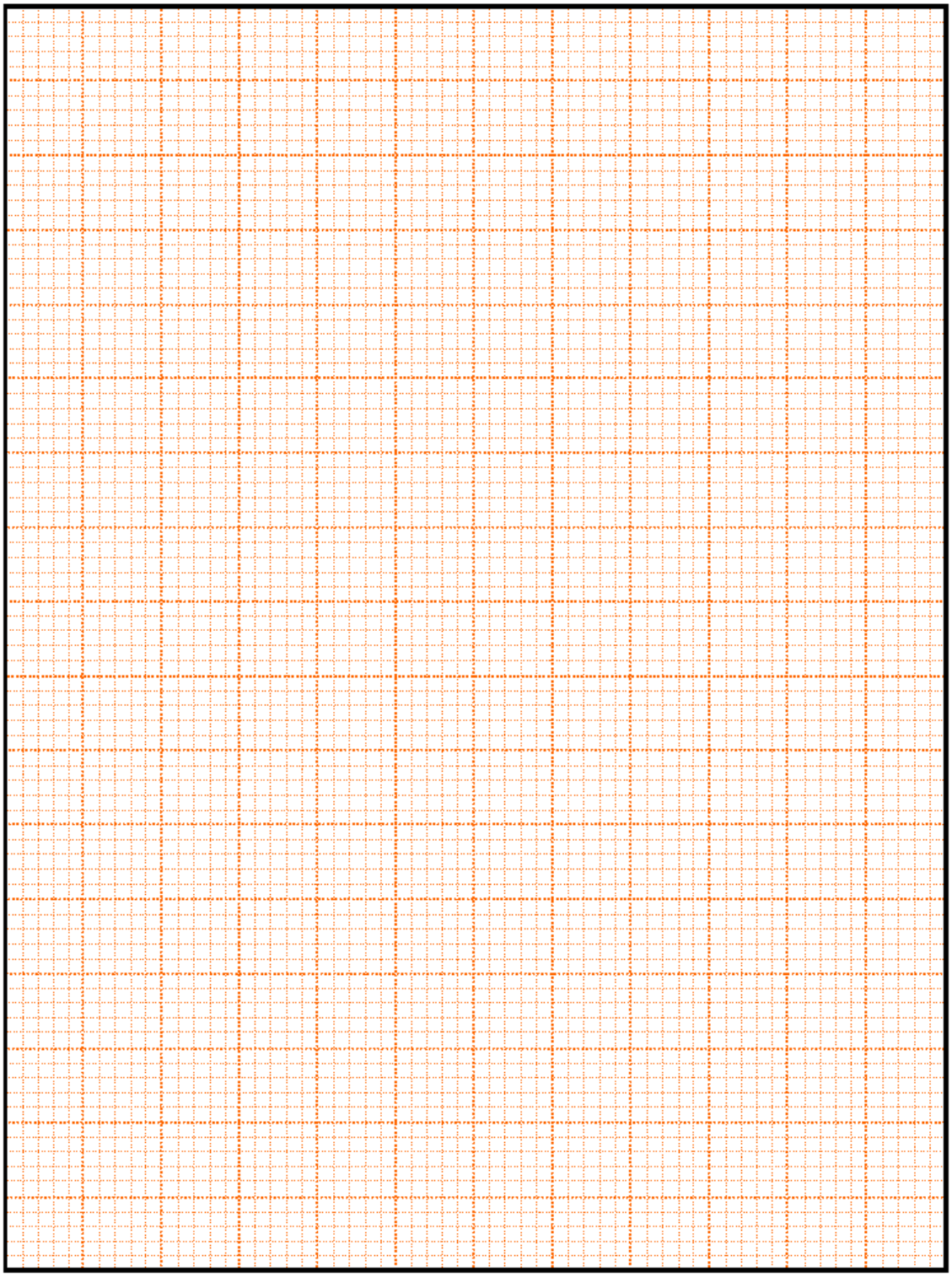
9. اختر مدى آخر ثم كرر الخطوات السابقة واحسب نسبة الخطأ المئوية في كل حالة وسجل البيانات والحسابات في الجدول.
10. ارسم علاقة بين المدى على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأسي.
11. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

م	المدى	المقاومة الضاربة R_S	V_1 (V)	V(V)	نسبة الخطأ ٪
1	0-5 V			5	
2	0-10 V			10	
3	0-25 V			25	

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



تجربة (7)

استخدام الجلفانوميتر كفولتميتر لقياس الجهد المتردد باستخدام دائرة توحيد موجة كاملة

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك كفولتميتر لقياس الجهد المتردد وكيفية حساب المقاومات الضاربة للحصول على أكثر من مدى للقياس باستخدام موحد موجة كاملة.

فكرة التجربة : لاستخدام جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس الجهد المتردد سوف نضيف تعديل على الجهاز لتمكين الجهاز من قياس الكميات المترددة. و في التجربة السابقة تم إضافة موحد نصف موجة وفي هذه التجربة سوف نستخدم دائرة توحيد موجة كاملة.

القوانين المستخدمة :

لدائر التوحيد أحادية الوجه ذات التوحيد موجة كاملة تكون العلاقة بين جهد الخرج المستمر V_{dc} وجهد الدخل V_{RMS}:

$$V_{dc} = \frac{2Vm}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}\,V_{RMS}}{\pi} = 0.9\,V_{RMS}$$

وحساسية الجلفانوميتر للتيار المستمر Sdc هي:

$$S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}}\ \Omega/V \qquad (1)$$

وتكون حساسية الجلفانوميتر للتيار المتردد Sac هي:

$$S_{ac} = 0.9S_{dc} = \frac{0.9}{I_{fs}}\ \Omega/V$$

وتكون مقاومة التوالي R_S المطلوب إضافتها للجلفانوميتر هي:

$$R_S = S_{ac} * Range_{ac} - R_m \qquad (2)$$

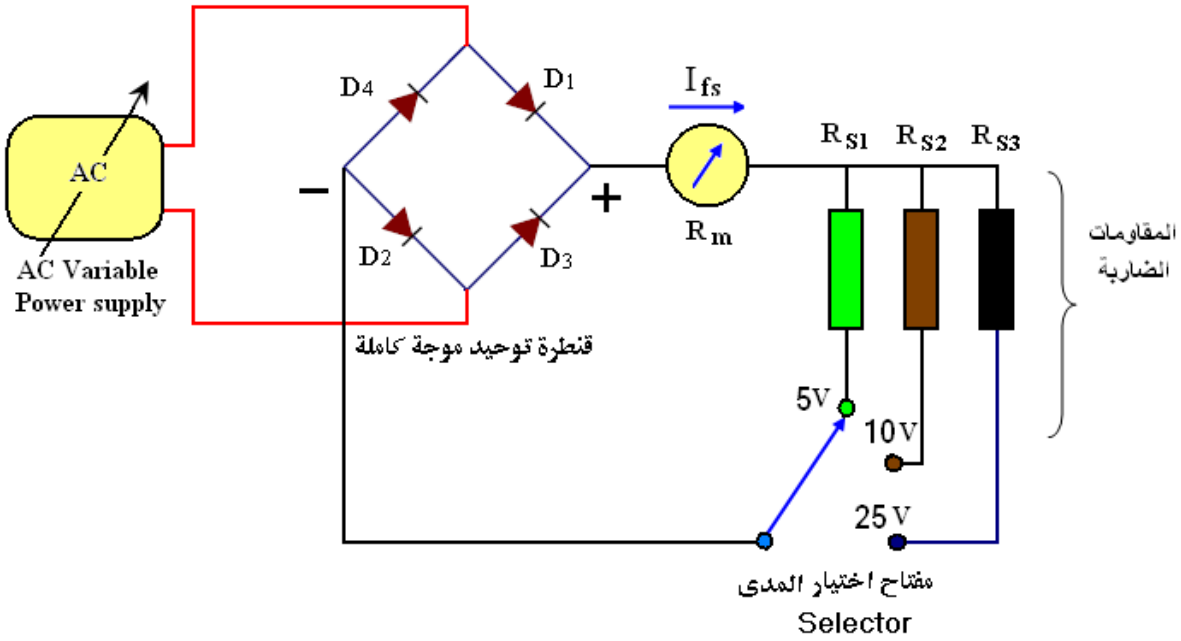
حيث إن $Range_{ac}$ هو المدى المطلوب.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد متغير الجهد (0-20V).
- جهاز جلفانوميتر (10-100 μA).

- عدد 4 موحد سليكوني (دايود).
- جهاز راسم ذبذبات وأطراف توصيل.
- مللي فولتميتر لقياس الجهود الصغيرة.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات متغيرة مختلفة القيم .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة:



شكل (1) تعديل الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك ليصلح لقياس الجهد المتردد (بموحد موجة كاملة)

خطوات العمل:

1. استخدم قيمة R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة الأولى.
2. احسب حساسية الجلفانوميتر للتيار المتردد S_{ac} من المعادلة (1): $S_{ac} = \frac{0.9}{I_{fs}}\ \Omega/V$
3. قم بحساب قيمة المقاومة الضابطة R_S لإطالة مدى القياس لمدى الجهود(5 V, 10 V, 25 V) من المعادلة (2): $R_S = S_{ac} * Range_{ac} - R_m$
4. صل التجربة كما بالشكل (1) واضبط الجهد عند الصفر.
5. زد من قيمة الجهد حتى تصل إلى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز.
6. قم بقياس جهد المصدر المتردد بجهاز الفولتميتر الرقمي وسجل قيمة الجهد (V_1) في الجدول.

7. صل جهاز راسم الذبذبات خلال المقاومة R_{S1} وارسم شكل جهد الخرج .
8. احسب نسبة الخطأ في قراءة الجهاز من القانون: $error\% = \frac{V_1 - V}{V_1} * 100$

حيث V_1 هي قيمة الجهد الصحيحة المقاسة بالفولتميتر الرقمي، و V هي المدى الذي نعمل عليه وهو في هذه الحالة 5V ثم سجل نسبة الخطأ في الجدول .

9. اختر مدى آخر ثم كرر الخطوات السابقة واحسب نسبة الخطأ المئوية في كل حالة وسجل البيانات والحسابات في الجدول.

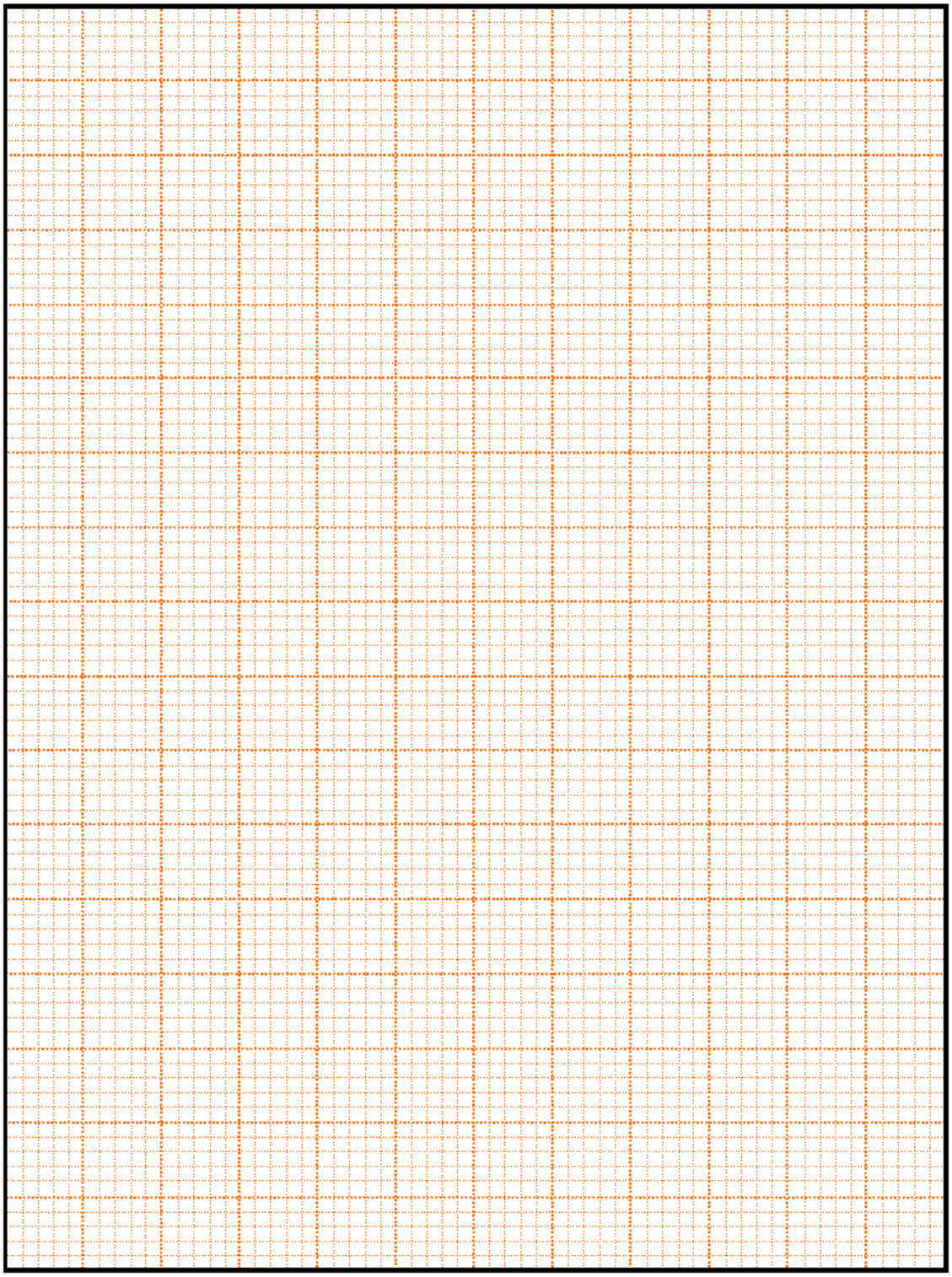
النتائج:

م	المدى	المقاومة الضاربة R_S	V_1 (V)	V(V)	نسبة الخطأ ٪
1	0-5 V			5	
2	0-10 V			10	
3	0-25 V			25	

10. ارسم علاقة بين المدى على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأسي.
11. سجل ملاحظاتك على النتائج ثم قارن بين الحالتين (استخدام موحد نصف موجة و موحد موجة كاملة) من حيث قيم المقاومات المحسوبة، نسبة الخطأ، وشكل الخرج للموحد.

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



تجربة (8)

استخدام الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس المقاومة (أوميتر)

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك كجهاز لقياس المقاومة وكيفية حساب المقاومة الضاربة وكيفية ترقيم التدريج وكيفية معايرة الجهاز في حالة ضعف البطارية.

فكرة التجربة: لاستخدام جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس المقاومة يتم توصيل مقاومة متغيرة R_Z مع بطارية E توالي مع الجهاز وتضبط قيمة المقاومة المتغيرة R_Z عند القصر على أطراف الجهاز (قصر الطرفين X,Y) لتعطي تيار أقصى انحراف I_{fs}. وعند توصيل مقاومة مجهولة R_X بين طرفي الجهاز (توالي مع باقي المقاومات) يقل التيار المار بالجهاز ويقل الانحراف (و تزداد قيمة المقاومة المقاسة) ولذلك يكون التدريج معكوس لجهاز الأوميتر بحيث يكون الصفر في النهاية وتكون المالانهاية في البداية.

القوانين المستخدمة :

التيار المار في الدائرة: $$I=\frac{E}{(R_Z+R_m)+R_X}$$

في حالة القصر $R_X=0$ يكون التيار المار في الدائرة تيار أقصى انحراف للمؤشر:

$$I=I_{fs}=\frac{E}{R_Z+R_m} \qquad (1)$$

في حالة $R_X=R_Z+R_m$ يكون التيار المار في الدائرة نصف تيار أقصى انحراف للمؤشر:

$$I=\frac{E}{2(R_Z+R_m)}=\frac{1}{2}I_{fs} \qquad (2)$$

في حالة $R_X=2(R_Z+R_m)$ يكون التيار المار في الدائرة ثلث تيار أقصى انحراف للمؤشر:

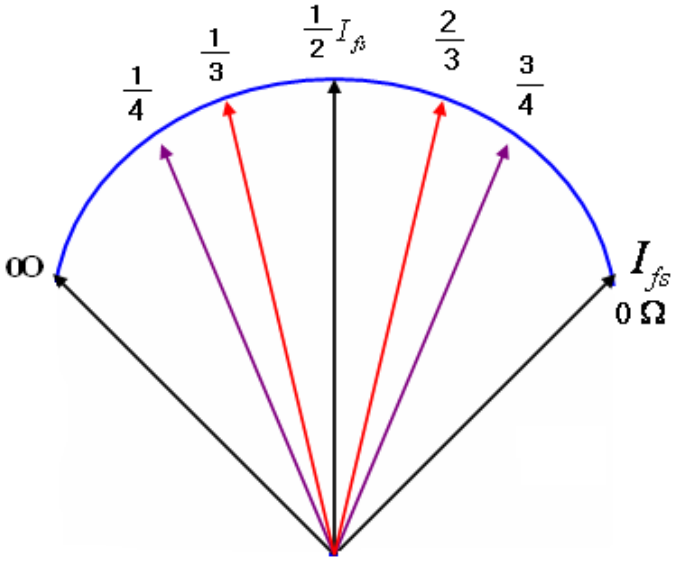
$$I=\frac{E}{3(R_Z+R_m)}=\frac{1}{3}I_{fs} \qquad (3)$$

في حالة $R_X=3(R_Z+R_m)$ يكون التيار المار في الدائرة ربع تيار أقصى انحراف للمؤشر:

$$I=\frac{E}{4(R_Z+R_m)}=\frac{1}{4}I_{fs} \qquad (4)$$

وهكذا ... وبما أن انحراف المؤشر يتناسب مع التيار المار بالملف فيمكن في كل حالة ترقيم التدريج ليناسب قيمة المقاومة الخارجية R_X.

ومن العلاقات السابقة ومعرفة قيمة (R_Z+R_m) تكون المهمة الرئيسة في التجربة هي ترقيم التدريج ليعكس القيمة المقاسة للمقاومة المجهولة R_X. كما في شكل (1).

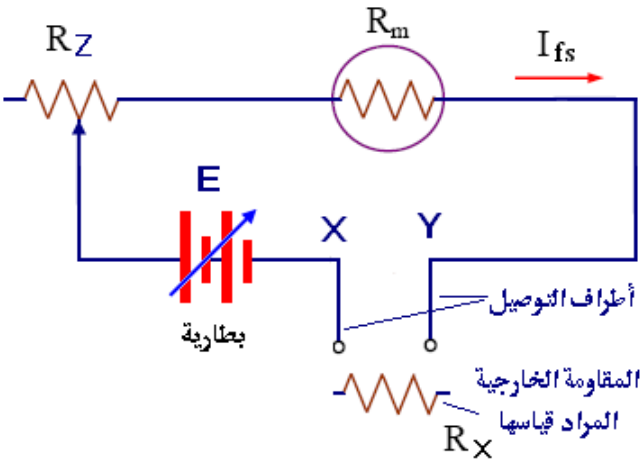


شكل (1) ترقيم تدريج الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك عند استخدامه كأوميتر.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0- 10V).
- جهاز جلفانوميتر (10-100 µA).
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات متغيرة مختلفة القيم (20 kΩ, 22 kΩ, 100 kΩ, 1 MΩ) .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (2) تعديل الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك ليصلح لقياس المقاومة (أوميتر)

خطوات العمل :

1. استخدم قيمة R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة الأولى.

2. اضبط المقاومة المتغيرة R_Z على أقصى قيمة ثم صل الدائرة الموضحة في شكل (2).
3. اقصر طرفي الجهاز (X, Y) معاً وغير من قيمة الجهد إلى 3V وغير من قيمة المقاومة المتغيرة R_Z حتى تحصل على تيار أقصى انحراف $(R_X = 0)$.
4. قم بتحديد قيمة المقاومة الداخلية للجهاز $(R_Z + R_m)$ معاً وذلك بتوصيل مقاومة متغيرة $(R_X = 22k\Omega)$ بين طرفي الجهاز (X, Y) وغير من قيمتها حتى تحصل على نصف الانحراف الأقصى $\left(\frac{1}{2} I_{fs}\right)$. قم بفك المقاومة من الدائرة وقس قيمتها بالأفوميتر الرقمي فتكون هي قيمة $(R_Z + R_m)$.
5. اكتب على منتصف التدريج قيمة المقاومة المقاسة.
6. صل $(R_X = 1M\Omega)$ بين طرفي الجهاز (X, Y) واضبطها عند أقصى قيمة وغير من قيمتها حتى تحصل على ثلث الانحراف الأقصى $\left(\frac{1}{3} I_{fs}\right)$. في هذه الحالة يكون $R_X = 2(R_Z + R_m)$. اكتب على التدريج قيمة المقاومة المقاسة.
7. غير في كل مرة قيمة (R_X) ومن العلاقات السابقة يمكن إكمال ترقيم التدريج ليصبح الجهاز جاهز لقياس المقاومات المجهولة.

النتائج:

م	تيار الانحراف	$(R_Z + R_m)$	R_X
1	$I = I_{fs}$		
2	$I = \frac{1}{2} I_{fs}$		
3	$I = \frac{1}{3} I_{fs}$		
4	$I = \frac{1}{4} I_{fs}$		
5	$I = \frac{1}{5} I_{fs}$		

8. قم برسم التدريج على ورقة بيضاء وتقسيمه ومن ثم كتابة التدريج عليه من واقع التجربة.
9. سجل ملاحظاتك على النتائج.
10. في حالة ضعف البطارية تقصر طرفي الجهاز (X, Y) وتغير من قيمة R_Z حتى نحصل على أقصى انحراف وهو $(R_X = 0)$.

أجهزة وقياسات كهربائية

القياسات باستخدام أجهزة القياس الرقمية

الوحدة الثانية : القياسات باستخدام أجهزة القياس الرقمية

الجدارة :

الإلمام بتركيب وبكيفية استخدام أجهزة القياس الرقمية وكيفية توصيلها في الدائرة وكيفية أخذ القراءات.

الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب من:

1- استخدام أجهزة القياس الرقمية لقياس الجهد
2- استخدام أجهزة القياس الرقمية لقياس التيار
3- استخدام أجهزة القياس الرقمية لقياس المقاومة
4- معايرة أجهزة القياس الرقمية.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارت بنسبة 80٪

الوقت المتوقع للتدريب : 4 ساعات.

مقدمة عن أجهزة القياس الرقمية

أجهزة القياس التي تعرض القراءات بطريقة رقمية مقروءة أي على هيئة رقم عشري مكتوب تسمى أجهزة القياس الرقمية. وهي التي تحول الإشارة التناظرية إلى قيمة رقمية ثم تعرضها على شاشة عرض على هيئة قيمة مقروءة. وتتركب الأجهزة الرقمية من ثلاثة عناصر رئيسية:

1- **محول الإشارة (Transducer):** وهو العنصر الذي يستقبل الكمية الفيزيقية ليحولها إلى إشارة كهربائية مناسبة للعرض ويستعمل فقط مع قياس الكميات غير الكهربائية مثل الحرارة أوالضغط. أما الكميات الكهربائية مثل الجهد أو التيار فلا تحتاج مثل هذا العنصر.

2- **معدل الإشارة (Signal Modifier) :** وهو العنصر الثاني وفائدته تحويل الإشارة الداخلة إلى صورة مناسبة لجهاز القياس والعرض. فبعض الإشارات تحتاج إلى عنصر تكبير أو تصغير مثل مقسم الجهد الذي نحتاجه عند قياس الجهد. أو دوائر تعديل شكل الموجات مثل المرشحات أو الموحدات.

3- **جهاز العرض (Indicating Device) :** وفي الأجهزة الرقمية تكون وسيلة العرض إما شاشة باستخدام الدايود المشع (LED Display) أو شاشة البلورات السائلة (LCD). وهي تعرض الإشارة على هيئة أرقام عشرية لتسهيل عملية القراءة.

جهاز الفولتميتر الرقمي (Digital Voltmeter)

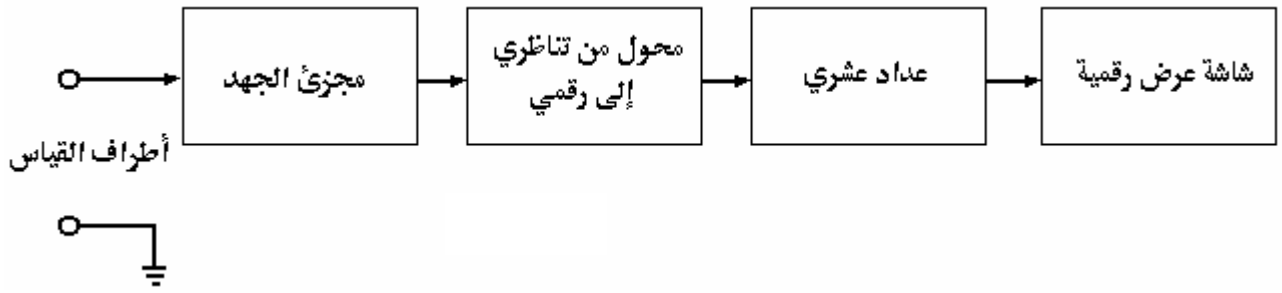
يتكون الفولتميتر الرقمي من أربعة عناصر (شكل 1) :

1- **موهن (Attenuator) :** أو مقسم الجهد وفائدته تخفيض الجهد الداخل للجهاز إلى القيمة المناسبة للمحول.

2- **المحول من تناظري إلى رقمي (A/D Converter) :** وهو العنصر المسئول عن تحويل الإشارة من الشكل التناظري إلى قيمة رقمية.

3- **عداد عشري (Decade Counter) :** وهو المسئول عن تحويل القيمة الرقمية إلى أرقام عشرية لعرضها على الشاشة بصورة مفهومة للقارئ.

4- **شاشة عرض (Digital Display) :** وهي التي تظهر عليها الأرقام ليتمكن المستعمل من أخذ القراءة .

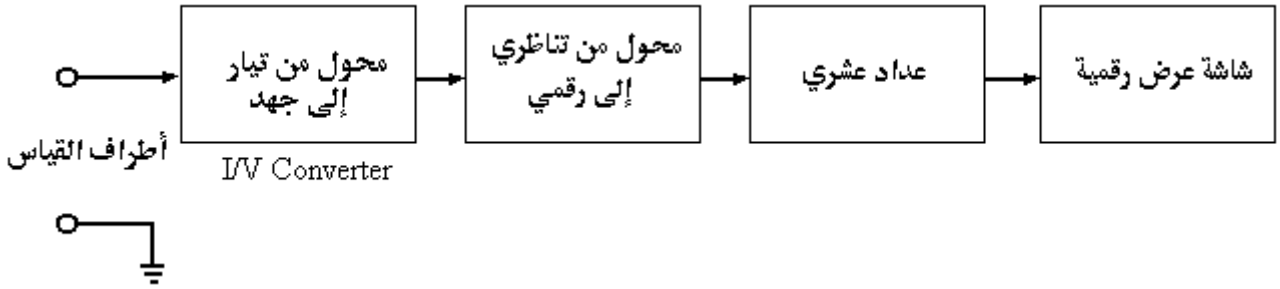


شكل (1) مخطط صندوقي للفولتميتر الرقمي.

والشكل السابق يصلح لقياس الجهد المستمر ويضاف في حالة الجهد المتردد دائرة توحيد بعد مقسم الجهد وذلك لتحويل الجهد من متردد إلى مستمر.

الأميتر الرقمي(Digital Ammeter)

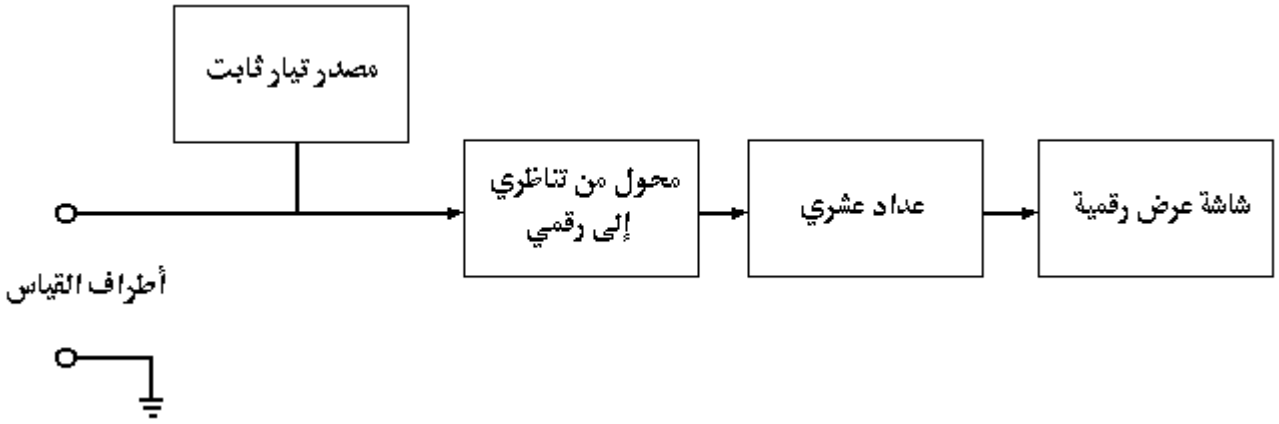
يشبه إلى حد كبير في تركيبه الفولتميتر الرقمي إلا أنه تستبدل مجزئ الجهد بمحول يحول من تيار إلى جهد يناظره كما هو واضح بشكل (2).



شكل (2) مخطط صندوقي للأميتر الرقمي.

الأوميتر الرقمي (Digital Ohmmeter)

يشبه في تركيبه أيضاً الفولتميتر الرقمي ولكن يحذف مجزئ الجهد ويضاف مصدر تيار ثابت (Constant Current Source) لتغذية المقاومة المقاسة ثم يتم قياس الجهد على المقاومة التي توصل على أطراف القياس كما بشكل (3).



شكل (3) مخطط صندوقي للأوميتر الرقمي.

الجهاز المتعدد الأغراض الرقمي (Digital Multimeter)

واضح من الثلاث دوائر السابقة أن دوائر قياس الجهد والتيار والمقاومة تشترك في معظم المراحل. ولذلك يمكن الدمج بينها وتكوين ما يسمى Digital Multimeter بإضافة مفتاح اختيار للتحويل من وظيفة لأخرى.

تجربة (1)

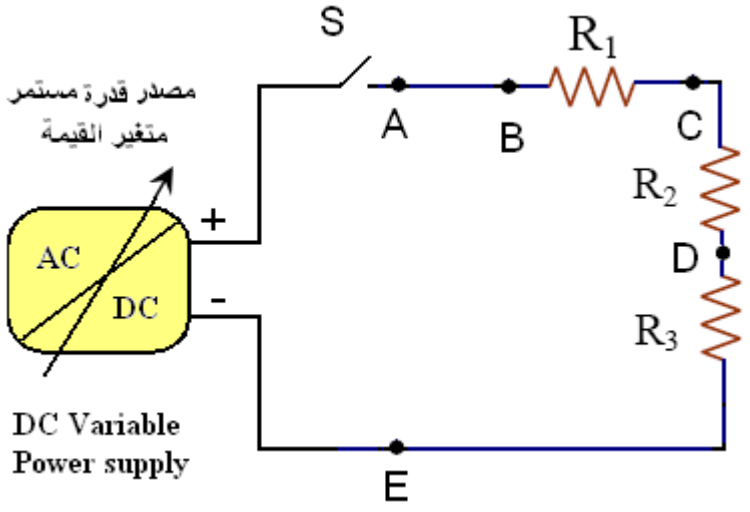
استخدام أجهزة القياس الرقمية لقياس الجهد والتيار والمقاومة

الهدف من التجربة: التدريب على استخدام أجهزة القياس الرقمية لقراءة كلاً من الجهد والتيار والمقاومة. وكيفية اختيار المدى المناسب للقراءة بحيث يحافظ المتدرب على الجهاز مع أخذ القراءات بدقة عالية.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد(0-200V).
- مصدر قدرة متردد متغير الجهد(0-220V).
- حمل مادي.
- مقاومات بقيم مختلفة.
- عدد 1 جهاز متعدد الأغراض رقمي- أفوميتر- (Digital Multimeter).
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) دائرة كهربائية للتدريب على القياسات بجهاز الأفوميتر الرقمي.

خطوات العمل:

أولاً: قياس المقاومات:

1- ابدأ بضبط الأفوميتر على وضع الأوم لقياس المقاومة وضع أطراف التوصيل في الجهاز في المكان المناسب لقياس المقاومة.

2- مع مدربك قم بقياس المقاومات الموجودة – ولتكن بقيم متفاوتة من الأوم حتى الميجا أوم- ثم تأكد من صحة قراءتك بقراءة الألوان المميزة للمقاومة و سجل قراءاتك في الجدول (1) وقارن بين القيم المقاسة والمحسوبة ، (راجع كود الألوان من الوحدة الأولى).

3- صل الدائرة الموضحة بشكل (1) مع اختيار المقاومات (560Ω , 330Ω , 100 Ω) وقم بقياس قيمة المقاومة الكلية بين النقطتين (A,E) قبل توصيل المفتاح S وسجل قراءاتك بالجدول (1).

4- احسب المقاومة الكلية بالجمع الجبري لقيم المقاومات وسجلها بالجدول (1) وقارن بين القيم المقاسة والمحسوبة.

النتائج:

القراءات	R_1	R_2	R_3	$\sum R$
قيم المقاومات المقاسة بالأفوميتر				
قيم المقاومات المحسوبة بالألوان				

جدول (1)

المقارنة:

ثانياً: قياس الجهد

1- اضبط مفتاح الجهد V_S للمصدر علي 10V مستمر ثم قم بغلق المفتاح S.

2- اضبط الأفوميتر على وضع الفولت لقياس الجهد المستمر وضع أطراف التوصيل في الجهاز في المكان المناسب لقياس الجهد.

3- قم بقياس الجهد للمصدر بين النقطتين (A,E) وكذلك على المقاومات بين النقطتين (B,C) للمقاومة R1 و بين النقطتين (C,D) للمقاومة R2 ثم بين النقطتين (D,E) للمقاومة R3 وسجل قياساتك في الجدول (2).

4- احسب قيم الجهد على كل مقاومة من قانون توزيع الجهد: $V_n = \frac{R_n}{\sum R} x V_S$

5- سجل القيم المحسوبة في الجدول (2) وقارن بين القيم المقاسة والمحسوبة.

النتائج:

القراءة	V_S	V_1	V_2	V_3
القيم المقاسة بالأفوميتر				
القيم المحسوبة بالقانون	- - - -			

جدول (2)

المقارنة:

ثالثاً: قياس التيارات الصغيرة (مللي أمبير):

1- اضبط الأفوميتر على وضع التيار المستمر (مللي أمبير).

2- غير من أماكن تركيب أطراف التوصيل لقراءة التيار (مللي أمبير) بدلاً من الجهد أو المقاومة (راجع مدربك قبل توصيل المصدر).

3- افصل الدائرة من المفتاح S وادخل طرفي أسلاك التوصيل بين النقطتين (A,B) في شكل (1) لقياس التيار.

4- اغلق المفتاح S وسجل قراءة الأميتر بالجدول (3) .

5- احسب التيار عن طريق قانون أوم: $I = \frac{V}{\sum R}$

6- سجل القيمة المحسوبة للتيار وسجلها بالجدول (3) وقارن بين القيمة المقاسة والمحسوبة.

7- غير من قيمة جهد المصدر وكرر الخطوات ثانياً وثالثاً.

8- غير مصدر القدرة من جهد مستمر إلى جهد متردد وكرر الخطوات ثانياً وثالثاً.

9- سجل ملاحظاتك أسفل الجدول.

النتائج:

الجهد	5	10	20	25
القيم المقاسة بالأفوميتر				
القيم المحسوبة بالقانون				

جدول (3)

الملاحظات :

رابعاً: قياس التيارات الكبيرة:

1- اضبط الأفوميتر على وضع التيار المستمر (أمبير).

2- غير من أماكن تركيب أطراف التوصيل لقراءة التيار (أمبير) بدلاً من (مللي أمبير) (راجع مدربك قبل توصيل المصدر).

3- أدخل طرفي أسلاك التوصيل بين النقطتين (A,B) لقياس التيار.

4- افصل الدائرة من المفتاح S وافصل المقاومات من الدائرة وصل مكانها الحمل المادي وليكن مجموعة لمبات موصلة توازي كما بشكل(2).

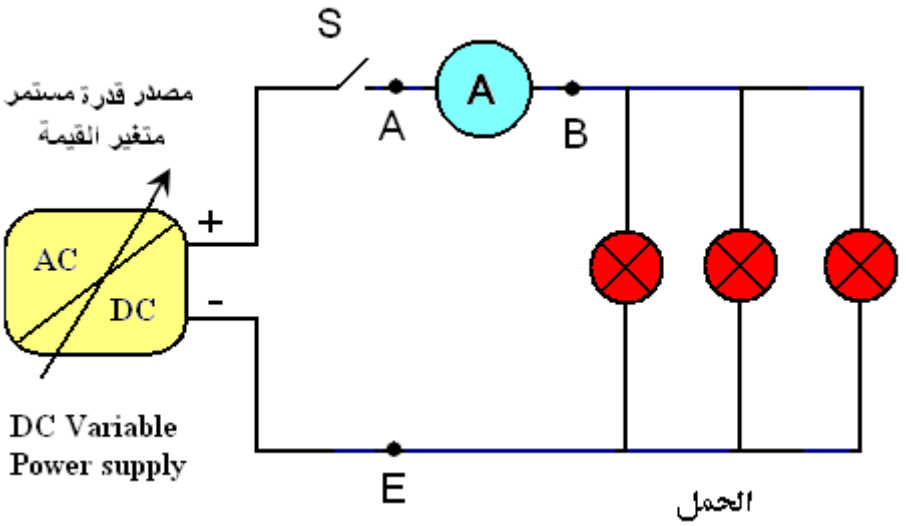
5- أغلق المفتاح S وسجل قراءة الأميتر بالجدول (4) .

6- غير من قيمة جهد المصدر حتى تصل إلى 200V مستمر وسجل قراءة الأميتر بالجدول (4) .

النتائج:

الحالة	1	2	3	4
جهد المصدر (مستمر)	50	100	150	200
قيم التيارات المقاسة				

جدول (4)



شكل (2) استخدام الجهاز لقياس التيارات الكبيرة.

7- غير مصدر القدرة من جهد مستمر إلى جهد متردد مع ضبط مفتاح الأفوميتر تيار متردد وكرر الخطوات رابعاً.

8- سجل القراءات بالجدول (5) ودون ملاحظاتك أسفل الجدول.

النتائج:

الحالة	1	2	3	4
جهد المصدر (متردد)	50	100	150	200
قيم التيارات المقاسة				

جدول (5)

الاستنتاجات و الملاحظات:

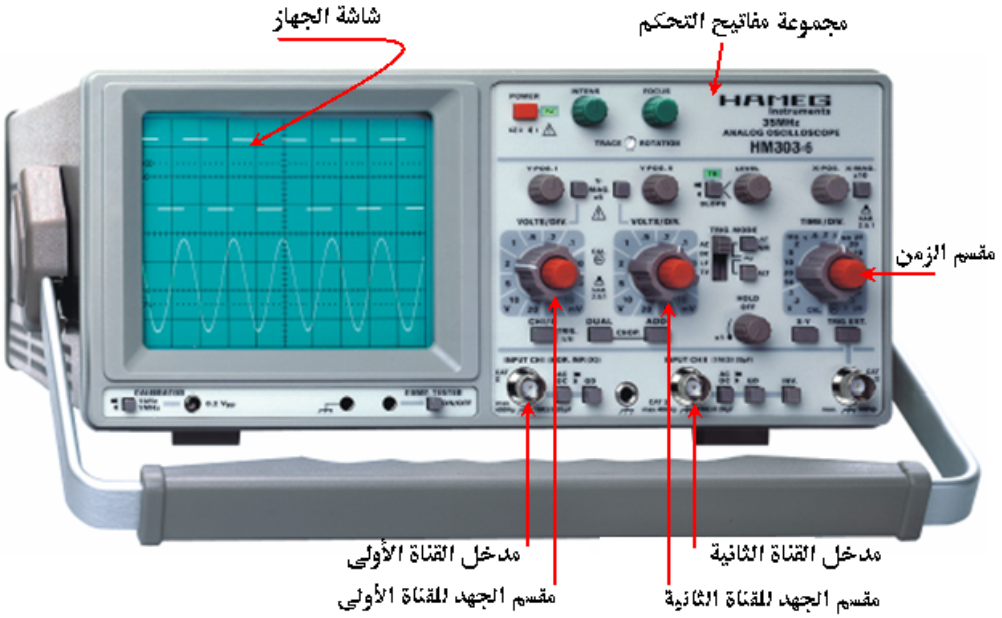
تجربة (2)

معايرة أجهزة القياس الرقمية

الهدف من التجربة: معايرة جهاز الأفوميتر الرقمي باستخدام جهاز راسم الذبذبات والتأكد من دقة القراءات.

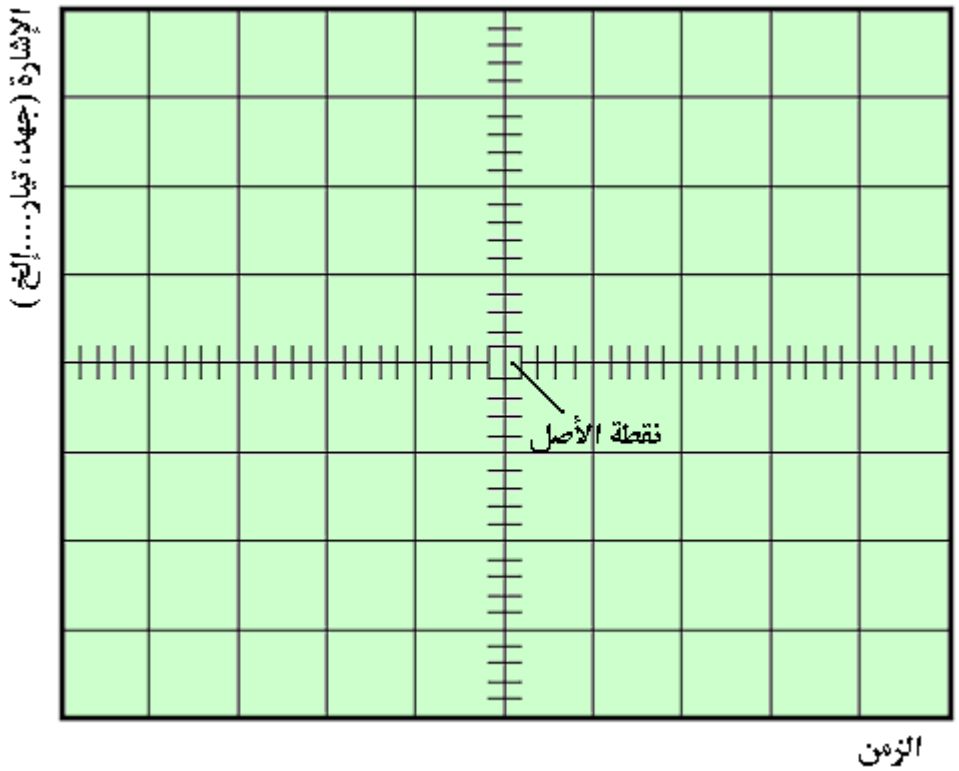
جهاز راسم الذبذبات

جهاز راسم الذبذبات هو جهاز اليكتروني كهربائي صمم خصيصاً لرسم قيمة وشكل الإشارات الكهربائية على شكل نقطة مضيئة تتحرك من يسار إلى يمين الشاشة بسرعة معينة يتحكم فيها بمفتاح قاعدة الزمن . وإذا زادت السرعة عن حد معين ترى النقطة المضيئة كأنها خط متصل مستقيم أو منحني حسب الإشارة المقاسة شكل (1). ويكون عادة الجهاز بقناتين أو أكثر ولكل قناة مفاتيحها التي تتحكم فيها ويكون طرف الأرضي (GND) لجميع القنوات متصل داخلياً للجهاز .



شكل (1) جهاز راسم ذبذبات بقناتين.

وتقسم شاشة الجهاز إلى مربعات رأسية وأفقية (بالسنتيمتر)، وتمثل المربعات الرأسية قيمة الإشارة بينما تمثل المربعات الأفقية الزمن شكل (2). وباستخدام المفاتيح المختلفة للجهاز يمكن تحديد الوضع المناسب للقياس حسب الإشارة المقاسة والذي يعطي دقة عالية في القياس.



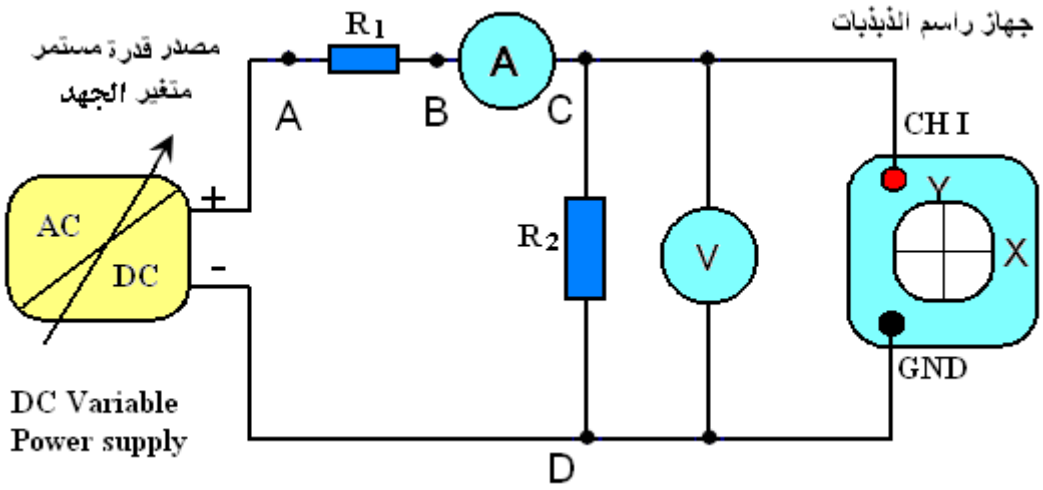
شكل (2) شاشة راسم الذبذبات.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد(0-200V).
- مقاومات $(R_1=1\Omega, 2W,\ R_2=1k\Omega, 2W)$.
- عدد 1 جهاز راسم ذبذبات (أوسيليسكوب).
- عدد 1 جهاز فولتميتر رقمي.
- عدد 1 جهاز أميتر رقمي
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

أولاً: معايرة جهاز الفولتميتر الرقمي

الدائرة المستخدمة:



شكل (3) معايرة جهاز الفولتميتر الرقمي.

خطوات العمل:

1- صل الدائرة كما بالشكل (3) .

2- اضبط جهد المصدر المستمر حتى يقرأ الفولتميتر القيمة V كما بالجدول (1).

3- اضبط مفتاح مقسم الجهد للقناة الأولى لراسم الذبذبات على(2V/DIV) ومفتاح مقسم الزمن علي (5 ms/DIV).

4- اضبط الصفر للقناة (CHI) في الأوسيليسكوب باستخدام مفتاح الأرضي (GND) ومفتاح التحريك الرأسي (Y- POS I) مع قصر طرفي القناة حتى يصبح الخط المضيء منطبق مع محور X ثم حرر مفتاح الأرضي (GND).

5- قم بقياس ارتفاع الخط المضيء عن خط الصفر (Ay) وحدتها (Div) وكذلك سجل ما يشير إليه مفتاح مقسم الجهد (Ky) ووحدتها (V/Div) ثم احسب قراءة الأوسيليسكوب كما بالمعادلة:

$$V_{OSC} = Ay\ X\ Ky$$

6- سجل قيمة الجهد بالجدول (1).

7- احسب نسبة الخطأ في قراءة الفولتميتر (E%) من المعادلة :

$$E\,\% = \frac{V_{OSC} - V}{V_{OSC}}\ X\ 100$$

8- غير من جهد المصدر وكرر الخطوات (5-7) مع تغيير (Ky) إذا لزم الأمر وسجل القراءات في الجدول (1).

قراءة الفولتميتر (فولت)	قراءة الأوسيليسكوب			نسبة الخطأ (E%)
	Ay (Div)	Ky (V/Div)	حساب الجهد V=Ay X Ky	
5				
10				
15				
20				
25				

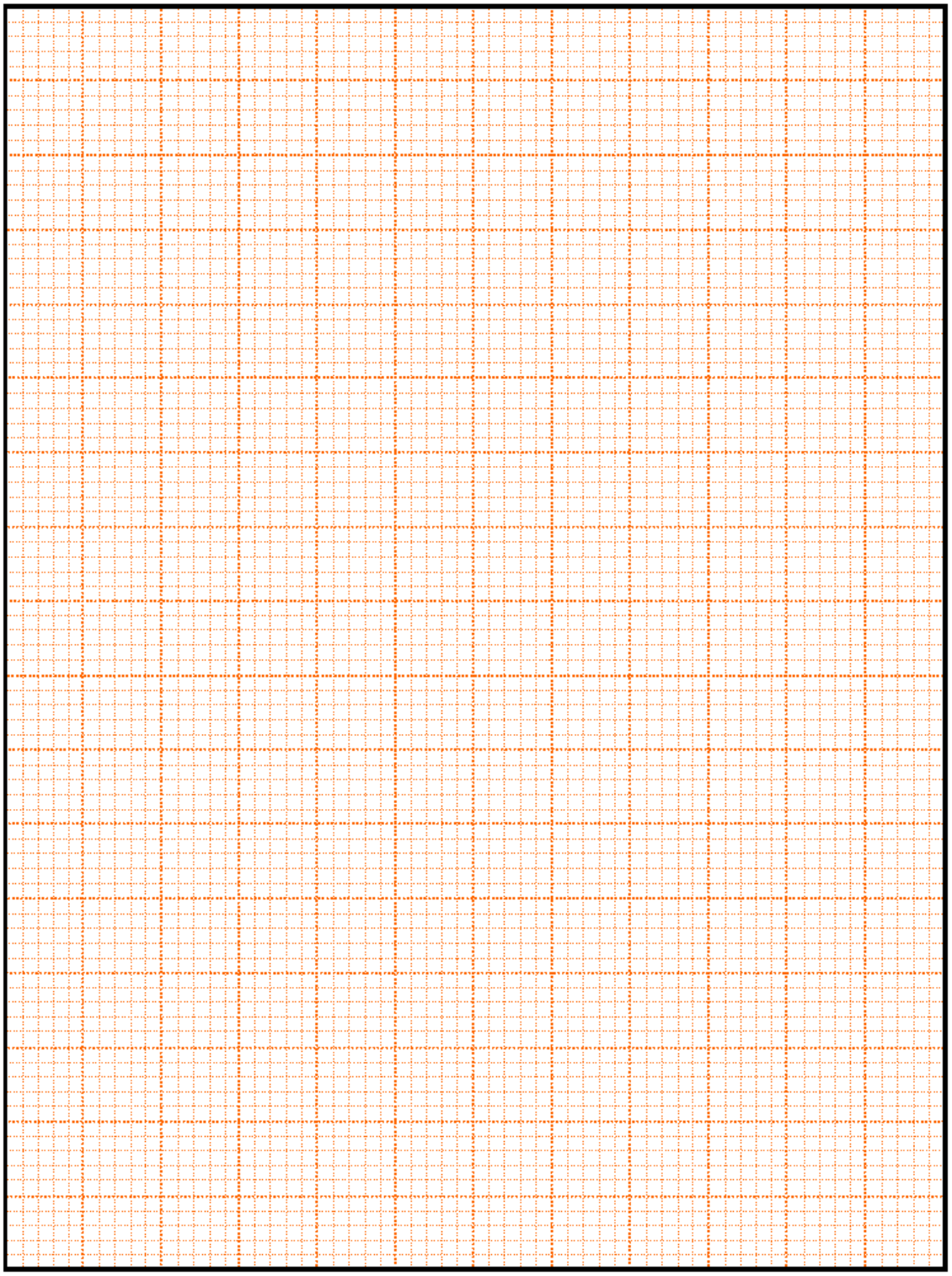
جدول (1)

9- ارسم علاقة بين قراءة الفولتميتر (V) على الأفقي و نسبة الخطأ في قراءة الفولتميتر (E%) على الرأسي.

10- سجل ملاحظاتك واستنتاجاتك.

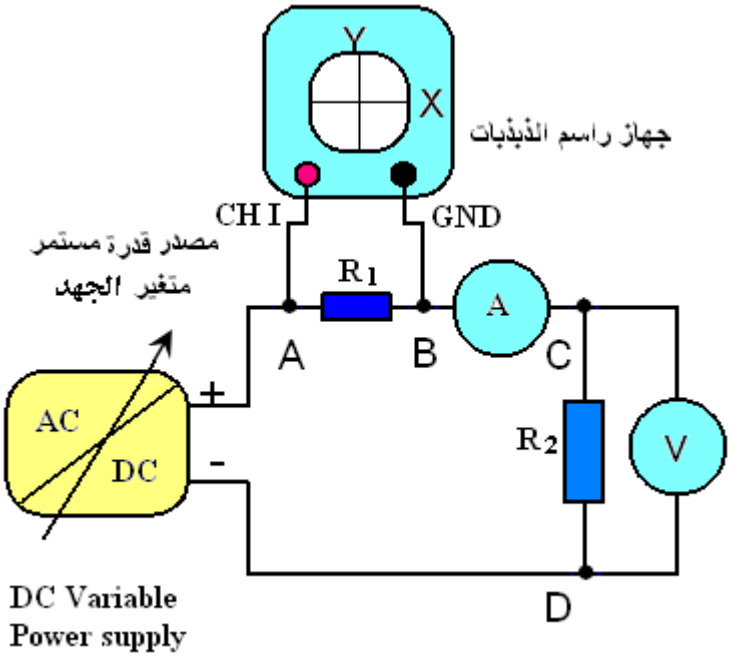
الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



ثانياً: معايرة جهاز الأميتر الرقمي

الدائرة المستخدمة:



شكل (4) معايرة جهاز الأميتر الرقمي.

1- صل الدائرة كما بالشكل (4) واضبط الأميتر لقراءة المللي أمبير.
2- اضبط جهد المصدر المستمر حتى يقرأ الأميتر القيمة كما بالجدول (2).
3- اضبط مفتاح مقسم الجهد للقناة الأولى لراسم الذبذبات على(2 mV/DIV) ومفتاح مقسم الزمن على (5 ms/DIV) .
4- اضبط الصفر للقناة (CHI) في الأوسيليسكوب باستخدام مفتاح الأرضي (GND) ومفتاح التحريك الرأسي (Y- POS I) مع قصر طرفي القناة حتى يصبح الخط المضيء منطبق مع محور X ثم حرر مفتاح الأرضي (GND).
5- خذ قراءة الأميتر (I) وسجلها بالجدول (2).
6- قم بقياس ارتفاع الخط المضيء عن خط الصفر (Ay) وكذلك سجل ما يشير إليه مفتاح مقسم الجهد (Ky) ثم احسب قراءة الأوسيليسكوب كما بالمعادلة:

$$I_{OSC} = \frac{Ay \ X \ Ky}{R_1}$$

7- سجل قيمة الجهد بالجدول (2).

8- احسب نسبة الخطأ في قراءة الأميتر (E%) من المعادلة : $E\% = \frac{I_{OSC} - I}{I_{OSC}} * 100$

9- غير من جهد المصدر وكرر الخطوات (5-8) مع تغيير (Ky) إذا لزم الأمر وسجل القراءات في الجدول (2).

10- ارسم علاقة بين قراءة الأميتر(I) على الأفقي و نسبة الخطأ في قراءة الأميتر (E%) على الرأسي.

11- سجل ملاحظاتك واستنتاجاتك.

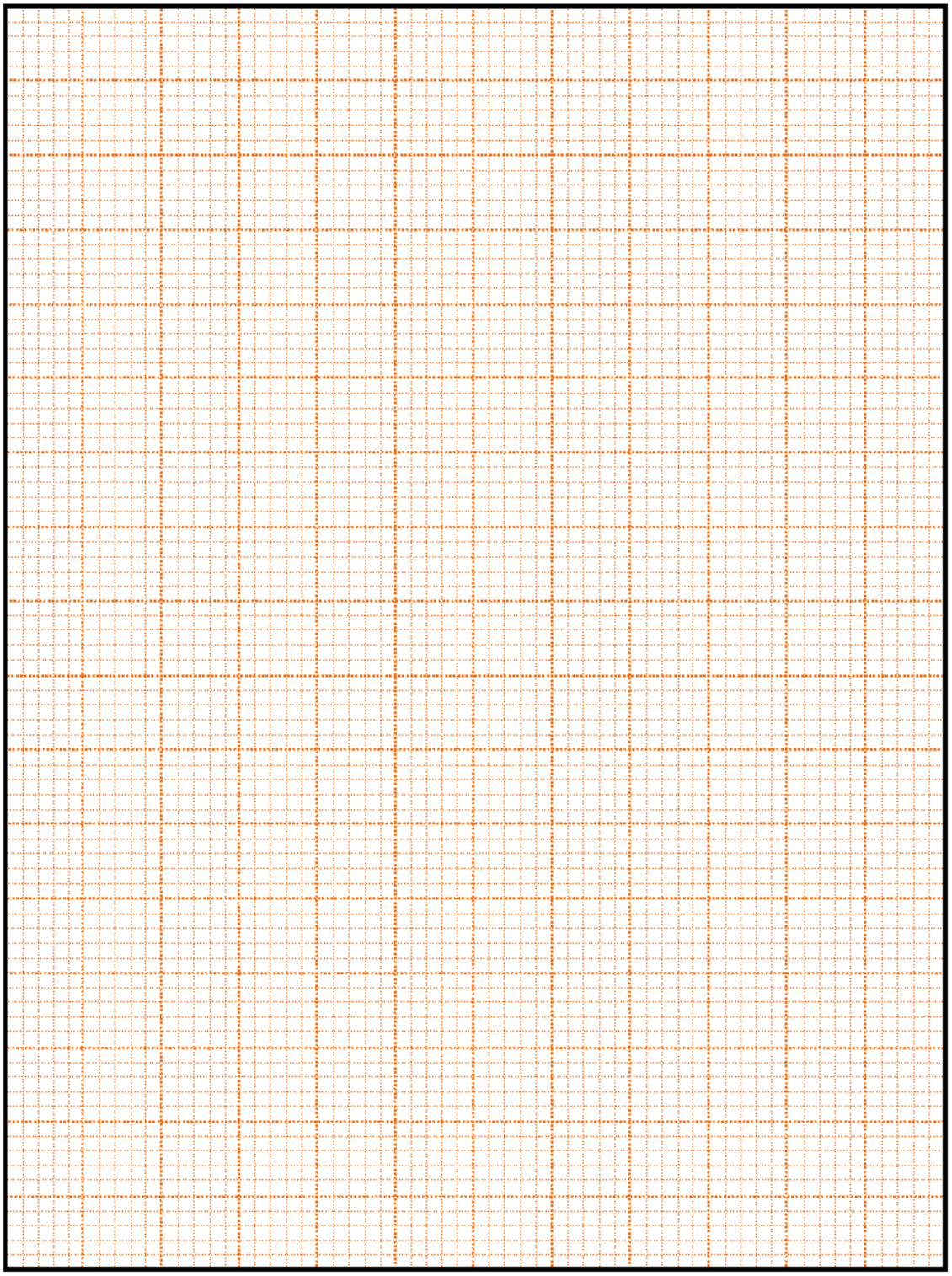
النتائج:

قراءة الأميتر (مللي أمبير)	قراءة الأوسيليسكوب			نسبة الخطأ (E%)
	Ay (Div)	Ky (V/Div)	حساب التيار $\frac{Ay\ X\ Ky}{R_1}$	
5				
10				
15				
20				
25				

جدول (2)

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



أجهزة وقياسات كهربائية

القياسات باستخدام راسم الذبذبات

الوحدة الثالثة : القياسات باستخدام راسم الذبات

الجدارة :

الإلمام بتركيب وكيفية استخدام جهاز راسم الذبذبات (الأوسيليسكوب)

الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب من:

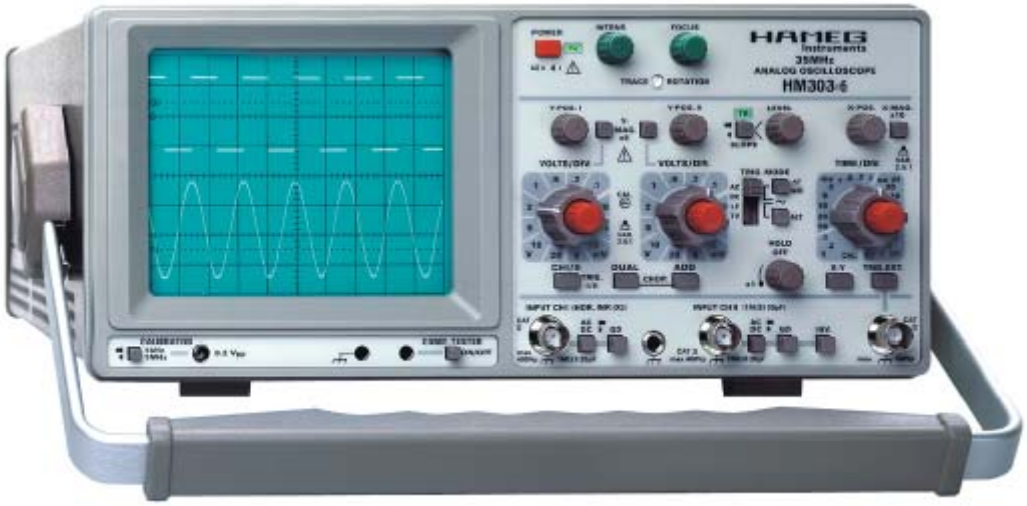
1. استخدام الجهاز لقياس الجهد المستمر
2. استخدام الجهاز لدراسة خواص التيار المتردد
   - أ- حساب القيمة العظمى والفعالة
   - ب- حساب التردد والزمن الدوري
3. استخدام الجهاز لقياس التيار المستمر أو المتردد
4. استخدام الجهاز لقياس زاوية الطور

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارت بنسبة 90٪

الوقت المتوقع للتدريب : 4 ساعات.

جهاز راسم الذبذبات

جهاز راسم الذبذبات شكل (1) كما رأينا في الوحدة السابقة هو جهاز متعدد الأغراض يستخدم لرسم قيمة وشكل الإشارات الكهربائية (الموجات) المختلفة على شكل نقطة مضيئة تتحرك من يسار إلى يمين الشاشة بسرعة معينة يتحكم في سرعتها مفتاح قاعدة الزمن . والجهاز أيضاً يمكنه قياس ارتفاع الموجة والتي تمثل قيمة الإشارة وقياس الزمن الدوري لها ومن ثم قياس التردد. كذلك يمكن استخدام الجهاز لقياس فرق الطور بين موجتين مختلفتين، وكذلك قياس تردد مجهول بمعرفة تردد معلوم باستخدام أشكال ليساجو. ويوجد من الجهاز نوعين : تماثلي ورقمي. ويستخدم راسم الإشارة الرقمي لتخزين الإشارات التي تظهر على الشاشة لاستخدامها فيما بعد ومعالجتها بالحاسب الآلي. و يكون عادة الجهاز بقناتين أو أكثر ولكل قناة مفاتيحها التي تتحكم فيها ويكون طرف الأرضي (GND) لجميع القنوات متصل داخلياً للجهاز .



شكل (1) جهاز راسم ذبذبات بقناتين.

.

وتقسم شاشة الجهاز إلى مربعات رأسية وأفقية، وتمثل المربعات الرأسية قيمة الإشارة بينما تمثل المربعات الأفقية الزمن. وباستخدام المفاتيح المختلفة للجهاز يمكن تحديد الوضع المناسب للقياس حسب الإشارة المقاسة والذي يعطي دقة عالية في القياس.

تجربة (1)

قياس الجهد والتيار المستمر باستخدام جهاز راسم الذبذبات (الأوسيليسكوب)

أهداف التجربة :

- كيفية استخدام جهاز راسم الذبذبات لقياس الجهد المستمر والتيار المستمر.

فكرة التجربة :

عند ثبات مفتاح مقسم الجهد ، كلما ازدادت قيمة الجهد المقاس يزداد ارتفاع النقطة المضيئة على المحور الرأسي للجهاز من نقطة الصفر لها وبقياس الانحراف الرأسي للنقطة المضيئة Ay ويقاس بالسم (Div) والتدريج على مفتاح مقسم الجهد Ky ويقاس بالفولت لكل سم (V / Div) يمكن حساب قيمة الجهد المقاس من القانون:

$$V = Ay \ X \ Ky$$

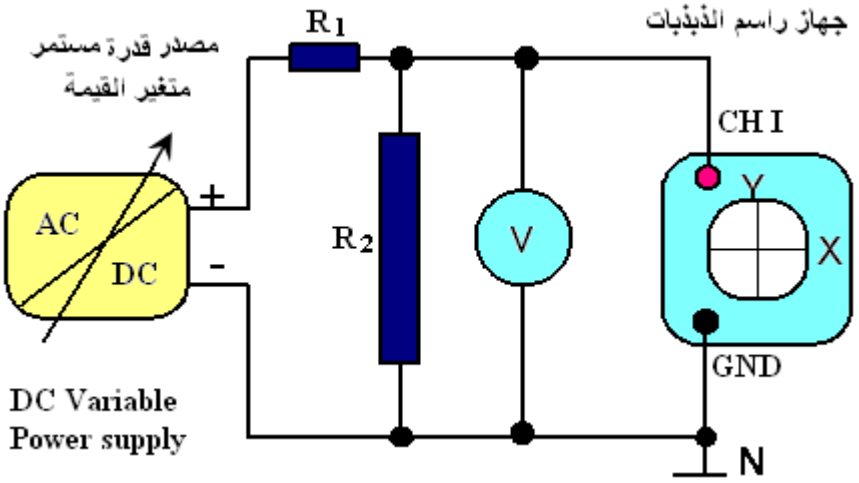
وعن طريق قياس الجهد المستمر على مقاومة قدرها 1 أوم ، يمكن قياس التيار وقيمة الجهد على المقاومة تمثل قيمة التيار في هذه الحالة حسب قانون أوم وذلك من القانون:

$$I = \frac{Ay \ X \ Ky}{R_1}$$

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد.
- جهاز راسم الذبذبات.
- جهاز فولتميتر لقياس الجهد المستمر.
- جهاز أميتر لقياس التيار المستمر.
- مقاومات $R_1 = 1\ \Omega$ و $R_2 = 1\ k\Omega$ جميع المقاومات بقدرة 1 وات أو أكثر.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة لقياس الجهد المستمر:



شكل (1) الدائرة المستخدمة لقياس الجهد المستمر

خطوات العمل لقياس الجهد المستمر:

1- صل الدائرة كما بالشكل (1) مع ضبط مصدر القدرة المستمر على جهد البداية صفر.

2- تأكد من ضبط الفولتميتر على وضع الجهد المستمر وعلى التدريج المناسب لزيادة دقة القراءة.

3- اضبط الصفر للقناة المستخدمة في الأوسيليسكوب بضغط مفتاح (GND) مع قصر طرفي القناة واستخدم مفتاح التحريك الرأسي (Y- POS I) حتى ينطبق الشعاع على المحور الأفقي.

4- اضبط مفتاح قاعدة الزمن على تدريج (5 ms/Div.) أو أي تدريج مناسب لترى النقطة المضيئة كأنها خط متصل.

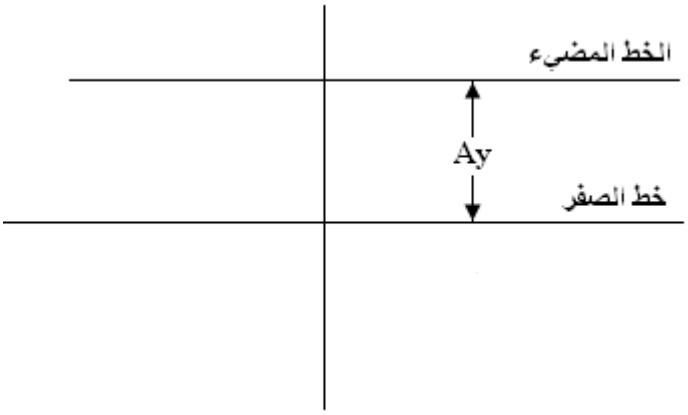
5- حرر مفتاح الأرضي (GND) ثم ابدأ بزيادة الجهد المستمر وباستخدام الفولتميتر قم بتعبئة الجدول (1).

6- في كل خطوة قم بقياس ارتفاع الخط المضيء عن خط الصفر (Ay) وكذلك سجل ما يشير إليه مفتاح مقسم الجهد (Ky) ثم قم بحساب قراءة الأوسيليسكوب كما بالمعادلة:

$$V = Ay\,(Div) * Ky\,(V / Div)$$

7- ارسم قراءة واحدة من الجدول وبين كيفية الحساب بالأرقام كما بشكل (2).

8- قارن بين قراءة الفولتميتر والقيم المحسوبة باستخدام الأوسيليسكوب ودون ملاحظاتك.



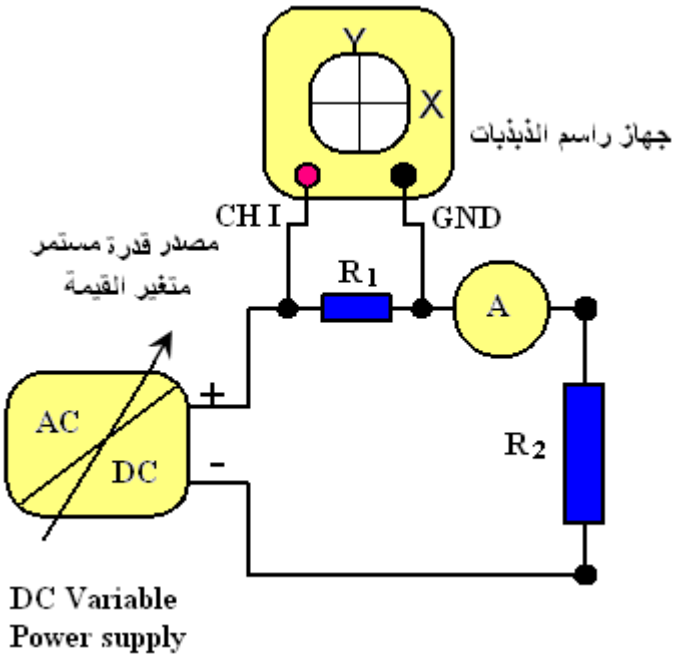
شكل (2) كيفية حساب الجهد المستمر باستخدام الأوسيليسكوب

النتائج:

قراءة الفولتميتر (فولت)	قراءة الأوسيليسكوب		
	Ay (Div)	Ky (V/Div)	**حساب الجهد** V=Ay XKy
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

جدول (1)

الدائرة المستخدمة لقياس التيار المستمر:



شكل (3) الدائرة المستخدمة لقياس التيار المستمر

خطوات العمل لقياس التيار المستمر:

1. صل الدائرة كما بالشكل (3) مع ضبط مصدر القدرة المستمر على جهد البداية صفر.
2. تأكد من ضبط الأميتر على وضع التيار المستمر وعلى التدريج المناسب لزيادة دقة القراءة.
3. اضبط صفر الأوسيليسكوب كما في الخطوات السابقة لقياس الجهد المستمر.
4. حرر مفتاح الأرضي (GND) ثم ابدأ بزيادة الجهد المستمر وباستخدام قراءة الأميتر قم بتعبئة الجدول (2).
5. في كل خطوة قم بقياس ارتفاع الخط المضيء عن خط الصفر (Ay) وكذلك سجل ما يشير إليه مفتاح مقسم الجهد (Ky) ثم قم بحساب قراءة الأوسيليسكوب كما بالمعادلة:

$$V = Ay\ X\ Ky$$

6. حيث إن قراءة الجهد مأخوذة على مقاومة قدرها $R_1 = 1\Omega$ وحسب قانون أوم $I = V/R$ فإن التيار يساوي الجهد المقاس، ويكون حساب التيار :

$$I = \frac{Ay\ X\ Ky}{R_1}$$

7. ارسم قراءة واحدة من الجدول وبين كيفية الحساب بالأرقام كما في حالة الجهد المستمر.
8. قارن بين قراءة الأميتر والقيم المحسوبة باستخدام الأوسيليسكوب ودون ملاحظاتك.

النتائج:

قراءة الأميتر (mA)	قراءة الأوسيليسكوب		
	Ay (Div)	Ky (V/Div)	حساب التيار $I=\frac{Ay\ X\ Ky}{R_1}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

جدول (2)

الاستنتاجات والملاحظات:

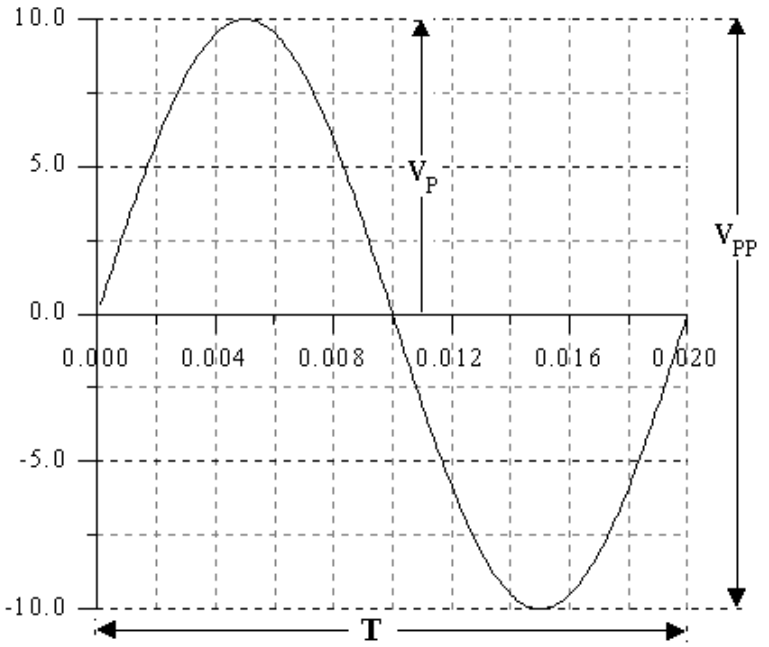
تجربة (2)

قياس خواص الجهد والتيار المتردد باستخدام جهاز راسم الذبذبات (الأوسيليسكوب)

أهداف التجربة :

- استخدام جهاز راسم الذبذبات لقياس الجهد المتردد.
- استخدام الجهاز لدراسة خواص التيار المتردد
  - حساب القيمة العظمى والفعالة و التردد والزمن الدوري
- استخدام الجهاز لقياس التيار المتردد
- استخدام الجهاز لقياس زاوية الطور

فكرة التجربة : يتم قياس خواص الجهد المتردد V_{BC} المسلط على المقاومة R_2 . ويقاس الجهد من على شاشة الجهاز من القمة للقمة V_{PP} ثم نحسب القيمة العظمى ومنها نحسب القيمة الفعالة للجهد. ونقيس الزمن الدوري للموجة T ثم منها نحسب التردد لموجة الجهد أو التيار على حد سواء. ونقيس تيار القمة للقمة لموجة التيار I_{PP} ثم نحسب القيمة العظمى ومنها نحسب القيمة الفعالة بالأمبير كما بالشكل (1). كما يتم قياس الزمن الدوري لموجة الجهد T بالثانية.



شكل (1) قياس خواص موجة الجهد المتردد

و نحسب كل من القيمة الفعالة للجهد والتيار و كذلك التردد من المعادلات:

$$V_P = \frac{V_{PP}}{2}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$

$$I_P = \frac{I_{PP}}{2}$$

$$I_{RMS} = \frac{I_P}{\sqrt{2}}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

لقياس التيار مع الجهد في نفس الوقت يستخدم المفتاح المكتوب عليه (DUAL) . و لأن الأرضي لكلا القناتين مشترك فيتم التوصيل للأرضي من نقطة واحدة وهي النقطة المتوسطة بين المقاومتين.

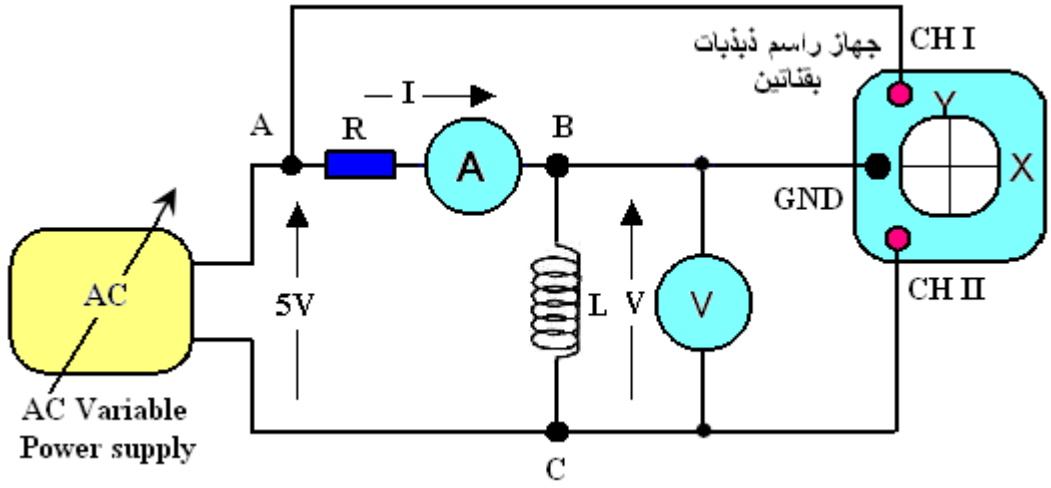
الجهد على المقاومة R (الجهد V_{AB}) يمثل التيار المار بالملف وتحسب قيمة التيار بقسمة V_{AB} مقسوما على المقاومة R والتي قيمتها $(R = 1\,\Omega)$ فيكون الجهد هو التيار مباشرة.

الجهد على الملف V_{BC} يقاس معكوس و لذلك نضغط على المفتاح المكتوب عليه (INV) لإظهاره على الشاشة بالوضع الطبيعي مرة أخرى.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد أحادي الوجه متغير الجهد.
- جهاز راسم ذبذبات بقناتين.
- جهاز فولتميتر لقياس الجهد المتردد.
- جهاز أميتر لقياس التيار المتردد.
- ملف (1000 Wdg.) بقلب حديدي ومقاومة $(R_1 = 1\,\Omega, 1W)$.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة لقياس خواص الجهد المتردد :



شكل (2) الدائرة المستخدمة لقياس خواص موجة الجهد المتردد

خطوات التجربة :

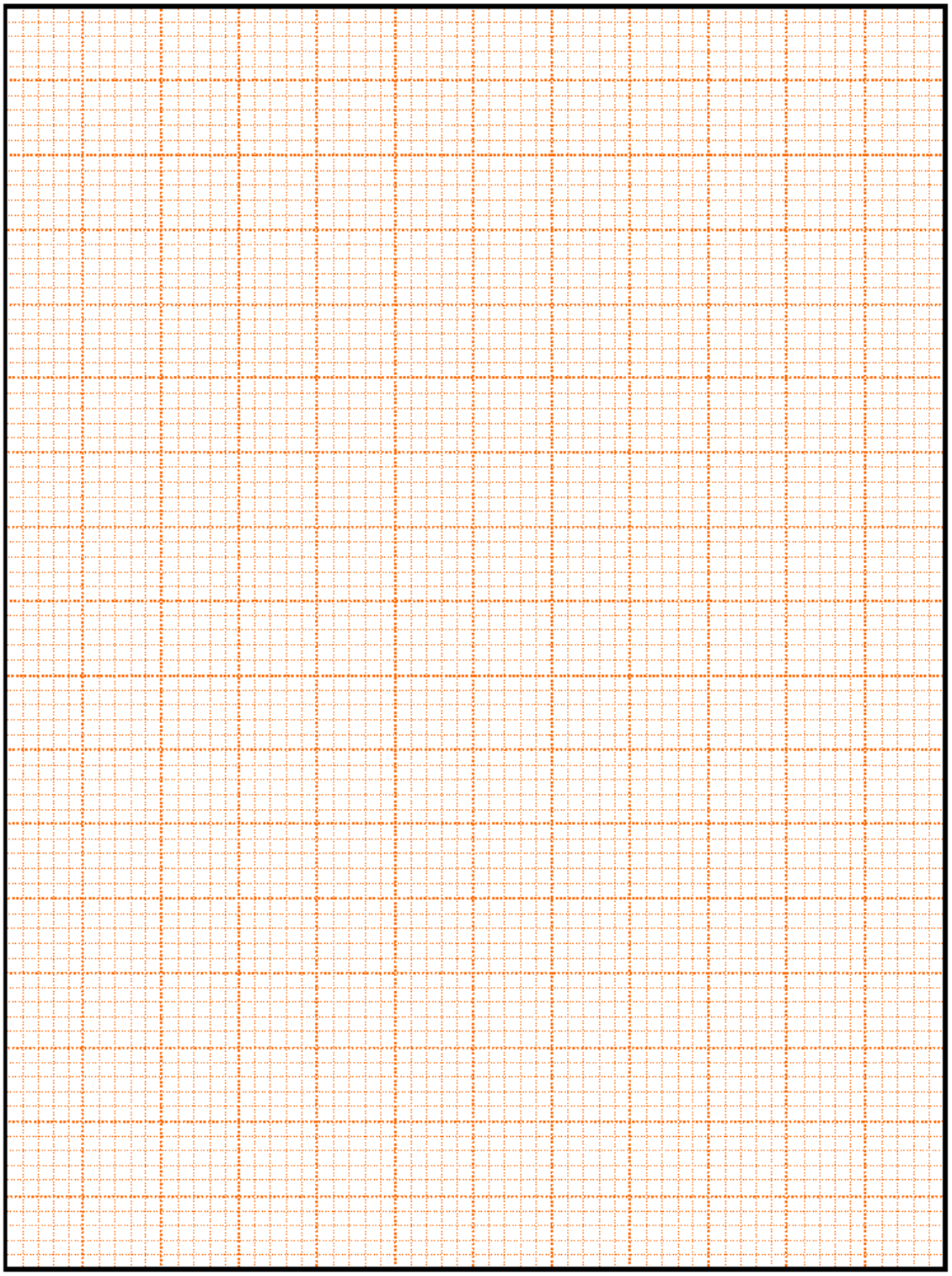
1. صل الدائرة كما هو مبين في شكل (2) و اضبط مصدر الجهد على 0V في بداية التجربة.
2. اضغط المفتاح (DUAL) لإظهار كلا القناتين. اقصر أطراف القنوات مع ضغط المفتاح (GND) لكلا القناتين وتحريك الشعاعين من مفتاحي (Y-POS.I, Y-POS.II) حتى ينطبق الشعاعان على المحور الأفقي ثم حرر مفتاحي (GND).
3. اضغط مفتاحي (AC) للقناتين لتجنب أي انحراف بسبب التيارات المستمرة.
4. ستكون قراءة الجهد على القناة الثانية معكوساً فيمكن ضغط مفتاح (INV) لتعديل وضعه بينما يتم قراءة التيار على القناة الأولى.
5. قم بزيادة جهد المنبع المتردد تدريجياً و خذ قراءات الأجهزة و سجلها بالجدول.
6. ارسم شكل الموجة للجهد والتيار معاً كما تراها على شاشة الجهاز.
7. قم بقياس V_{PP}, I_{PP} من على الشاشة وكذلك الزمن الدوري T و سجلها بالجدول.
8. قم بحساب كل من : القيمة الفعالة للجهد و القيمة الفعالة للتيار و كذلك التردد من المعادلات السابقة.
9. قم بتغيير قيمة جهد المصدر و في كل مرة سجل القراءات و قم بإجراء الحسابات.
10. سجل ملاحظاتك واستنتاجاتك .

النتائج:

الجهد V_{BC} حسب قراءة الفولتميتر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الجهد V_{PP} حسب راسم الذبذبات										
الجهد ($V_P = \frac{V_{PP}}{2}$)										
التيار I_{RMS} حسب قراءة الأميتر										
التيار I_P حسب راسم الذبذبات										
القيمة الفعالة للجهد $V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$										
القيمة الفعالة للتيار $I_{RMS} = \frac{I_P}{\sqrt{2}}$										

الرسم و الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



الجزء الثاني من التجربة

قياسات تردد الجهد أو التيار المتردد باستخدام جهاز راسم الذبذبات (الأوسليسكوب)

خطوات التجربة :

1. صل الدائرة كما هو مبين في شكل (2) و اضبط مصدر الجهد على 10 V .
2. استخدم قناة واحدة فقط للقراءة وذلك بتحرير مفتاح (DUAL) واختيار القناة الثانية لحساب تردد الجهد.
3. اضبط مفتاح قاعدة الزمن على (5 ms/DIV) أو أي تدريج آخر مناسب لتحقيق دقة القراءة.
4. ارسم شكل الموجة للجهد والتيار مع كتابة التدريج على الرسم مع توضيح زاوية الطور.
5. قم بقياس الزمن الدوري للموجة (T) وذلك من نقطة على الموجة إلى النقطة المشابهة لها على الموجة التالية كما هو مبين في شكل (1)، وذلك بقياس عدد المربعات الأفقية Ax ووحدتها (*Div*) وضربها في التدريج الذي يشير إليه مفتاح قاعدة الزمن Kx ووحدتها (s/Div) وتحسب T من المعادلة:

$$T = Ax * Kx$$

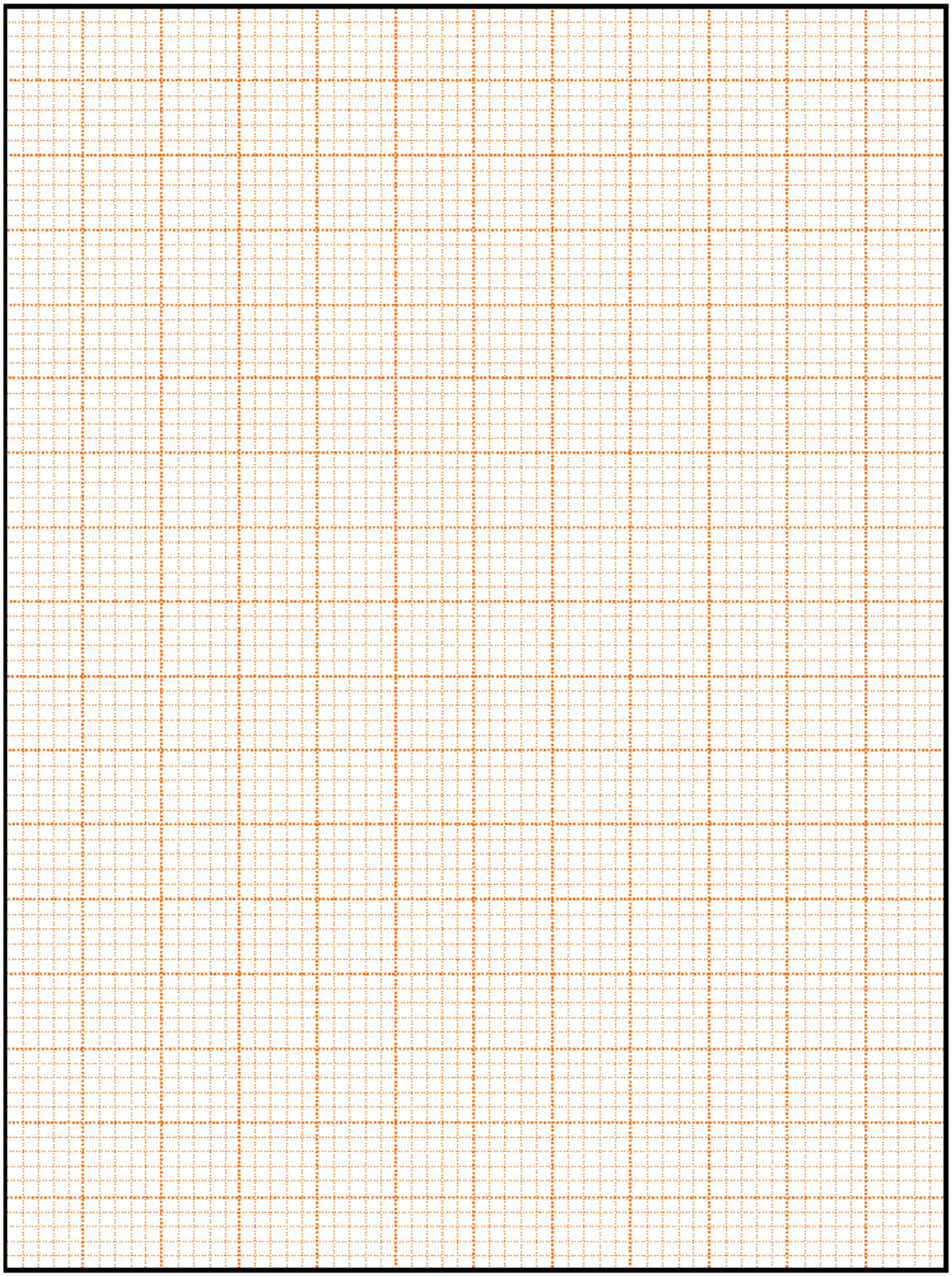
6. قم بحساب التردد للجهد أو للتيار حيث T بالثانية فيكون f بالهيرتز (Hz) من المعادلة:

$$f = \frac{1}{T}$$

7. قم بتغيير قيمة جهد المصدر وأعد المحاولة و قم بإجراء الحسابات ولاحظ التغيير.
8. سجل ملاحظاتك : هل يتغير التردد بتغير جهد المنبع ؟
9. قم بتغيير القناة لاختيار التيار بدلاً من الجهد و قم بحساب التردد ولاحظ التغيير.
10. هل يختلف تردد التيار عن تردد الجهد المسبب له؟

الحسابات والملاحظات:

الرسم البياني:



تجربة (3)

قياس زاوية الطور للتيار المتردد باستخدام جهاز راسم الذبذبات (الأوسيليسكوب)

أهداف التجربة :

- استكمال التعرف على جهاز راسم الذبذبات وظائف المفاتيح المختلفة و كيفية ضبطها.
- استخدام جهاز راسم الذبذبات لقياس زاوية الطور بين الجهد و التيار المتردد.
- استخدام التدريج الأفقي لقياس زاوية الطور بالطريقة العادية.
- استخدام التدريج الرأسي لقياس زاوية الطور عن طريق أشكال ليساجو.
- المقارنة بين الطريقتين.

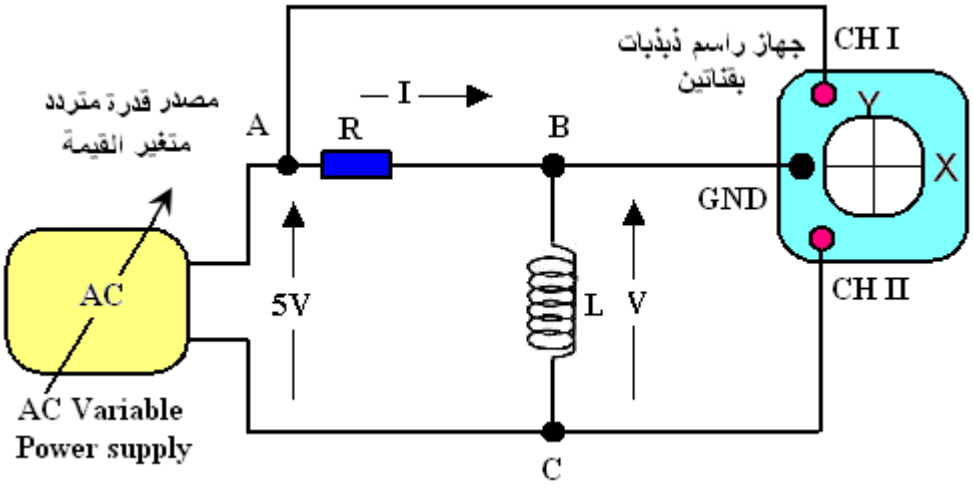
نظرية التجربة :

في دوائر التيار المتردد المحتوية على حمل حثي أو حمل سعوي يكون هناك فرق في زاوية الطور بين الجهد و التيار. ويكون التيار متأخرا عن الجهد في حالة الحمل الحثي بينما يكون متقدما في حالة الحمل السعوي، وفي هذه التجربة سنقيس زاوية الطور بطريقتين مختلفتين لحمل حثي ونقارن بينهما.

الأجهزة اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد أحادي الوجه متغير الجهد.
- جهاز راسم ذبذبات بقناتين.
- جهاز فولتميتر لقياس الجهد المتردد.
- مقاومة (R= 10 Ω, 2W).
- ملف 500 لفة بقلب حديدي (ويمكن استخدام مكثف سيراميكي بدلاً من الملف).
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :

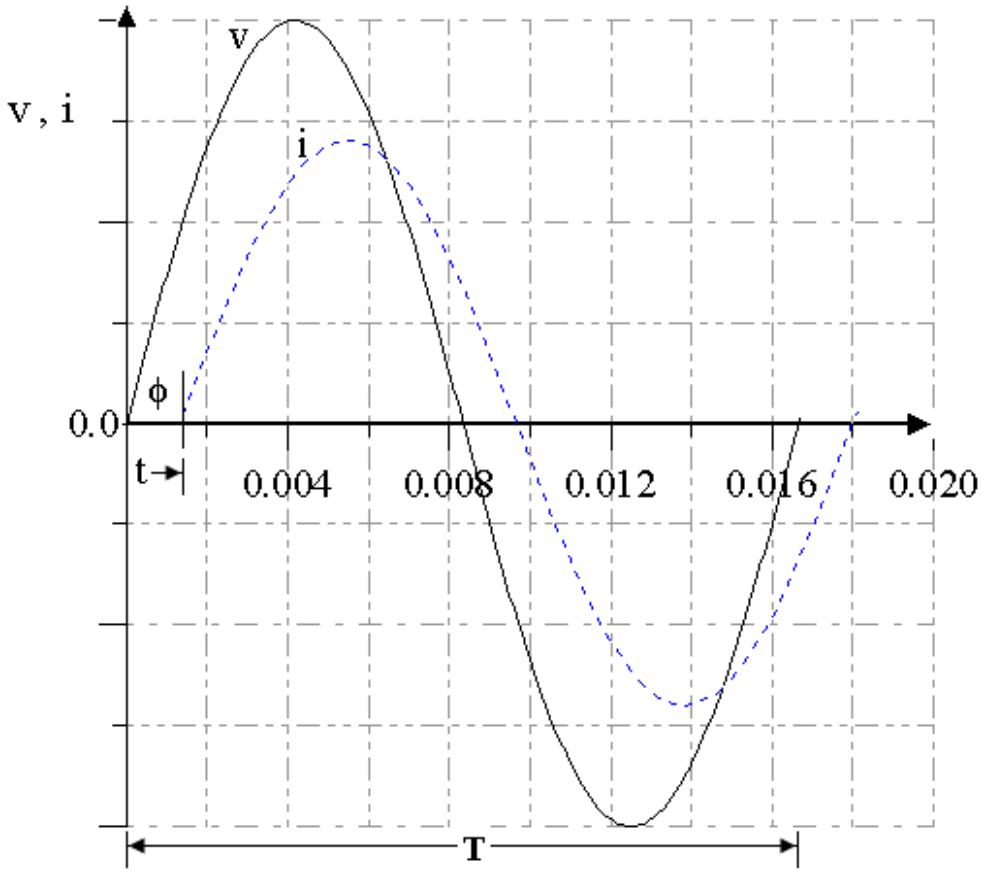


شكل (1) قياس زاوية الطور بين الجهد والتيار

خطوات التجربة :

1. صل التجربة كما بالشكل (1) و هي عبارة عن ملف (500Wdg) بقلب حديدي بالتوالي مع مقاومة 10 أوم 2 وات.
2. اضبط جهد مصدر القدرة المتردد على 5V .
3. صل قناتي راسم الذبذبات كما بالشكل لتمثل القناة الأولى التيار والثانية الجهد مع ملاحظة ضغط مفتاح (INV) للقناة الثانية .
4. اضبط الصفر للقناتين بضغط مفتاحي الأرضي والتحريك من مفتاحي (Y-POS.I , Y-POS.II) ثم حرر مفتاحي الأرضي واضغط مفتاحي (AC) للقناتين.
5. و لقياس زاوية الطور بالطريقة المباشرة نعرض كلا من موجتي الجهد و التيار على جهاز راسم الذبذبات كما تعلمنا في التجربة السابقة و نقيس الانحراف الأفقي بينهما (t) وكذلك الزمن الدوري لإحدى الموجتين (T) .
6. ونحسب زاوية الطور بالدرجات كما بالشكل (2)كالتالي:

$$\phi = \frac{t}{T} X\ 360^{o}$$



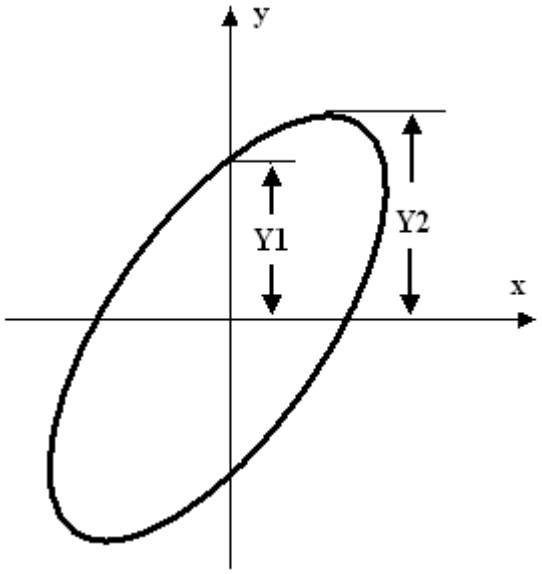
شكل (2) قياس زاوية الطور بالطريقة العادية

7. و لقياس زاوية الطور بطريقة أشكال ليساجو نستخدم جهاز راسم الذبذبات في (X-Y mode) بأن نضغط على المفتاح المكتوب عليه (X-Y) ثم مفتاح DUAL ومفتاحي الأرضي للقناتين و نضبط نقطة الشعاع على نقطة الأصل للشاشة (منتصف الشاشة) من المفتاحين (X-POS., Y-POS.II) . نحرر مفتاحي الأرضي و ندخل إشارة التيار على القناة الأولى وإشارة الجهد على القناة الثانية مع ضغط مفتاح (INV) . نقيس المسافتين (Y1, Y2) على التدريج الرأسي كما بالشكل (3) ونراعي الدقة في القياس. نحسب زاوية الطور من العلاقة:

$$\phi = \sin^{-1}(\frac{Y1}{Y2})$$

8. ارسم الشكل الذي يظهر على شاشة الأوسيليسكوب على ورقة الرسم البياني مع كتابة التدريج أفقي ورأسي وكتابة مقياس مفتاحي الأفقي والرأسي.

9. احسب قيمة الزاوية ثم قارن بين النتائج للطريقتين.



شكل (3) قياس زاوية الطور بطريقة أشكال ليساجو

النتائج:

1- الطريقة المباشرة:

$\phi =$

2- بطريقة أشكال ليساجو:

$Y1 =$

$Y2 =$

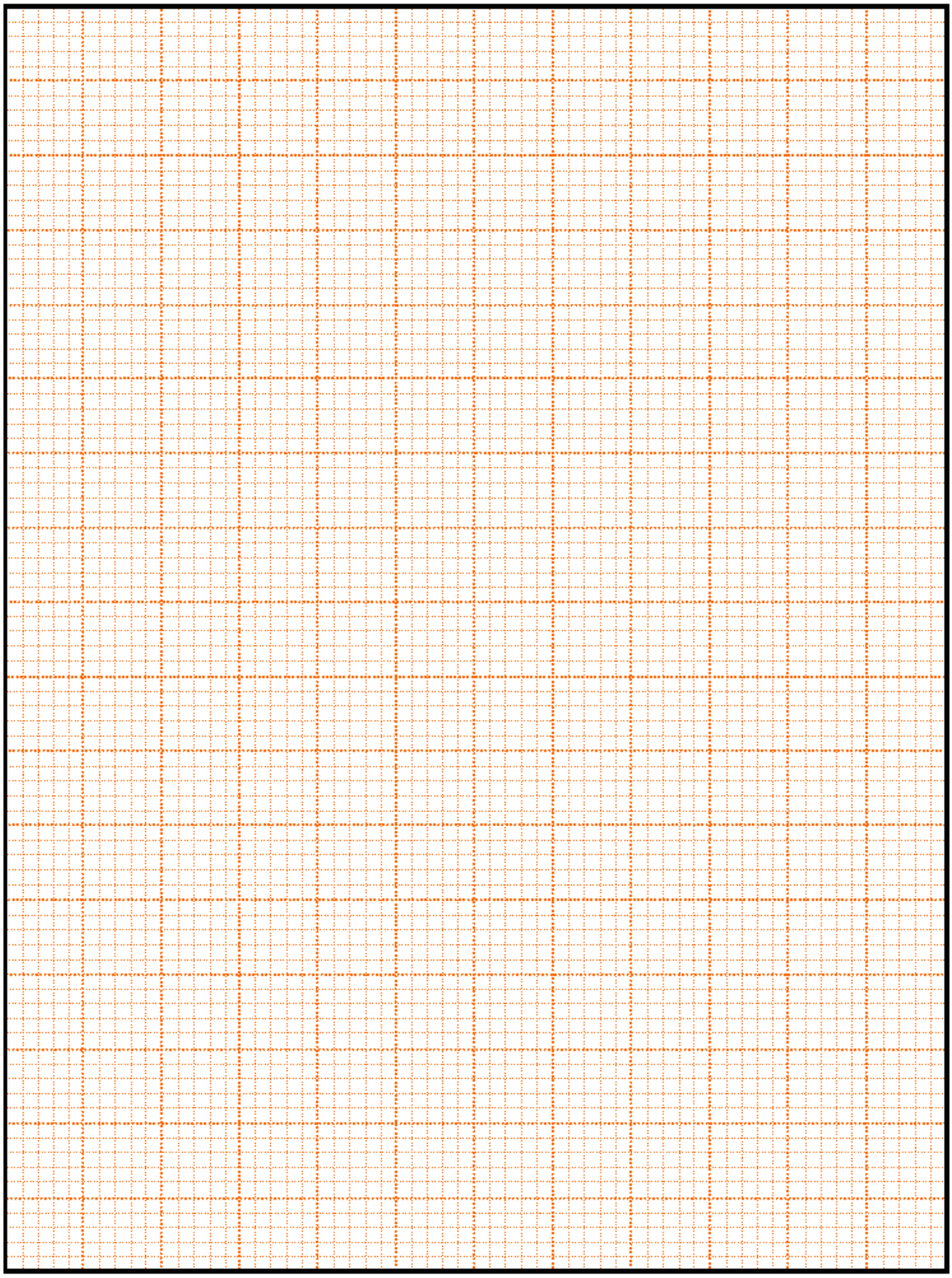
$\phi = \sin^{-1}(\frac{Y1}{Y2}) =$

الاستنتاجات:

1- هل النتائج متطابقة أم لا؟

2- هل التيار متقدم أم متأخر؟

الرسم البياني:



أجهزة وقياسات كهربائية

القياسات باستخدام قنطرة ويتستون وقنطرة ماكسويل

الوحدة الرابعة : القياسات باستخدام قنطرة ويتستون وقنطرة ماكسويل

الجدارة:

يتم للمتدرب التعرف على القياس بالقناطر الكهربائية.

الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب من :

1. التعرف على تركيب قنطرة ويتستون .
2. استخدام قنطرة ويتستون لقياس المقاومة.
3. التعرف على تركيب قنطرة ماكسويل.
4. استخدام قنطرة ماكسويل لقياس المعاوقة الكهربائية المركبة.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارت بنسبة 80٪

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات.

القياسات باستخدام قنطرة ويتستون وقنطرة ماكسويل

مقدمة عن القناطر الكهربية

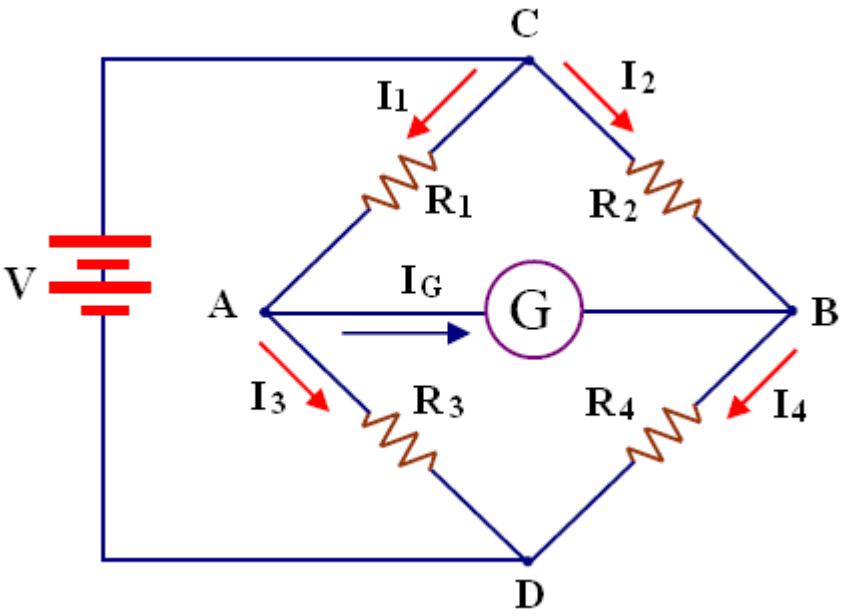
تعتبر القناطر الكهربائية من الوسائل المستخدمة لقياس المقاومات المادية والمعاوقات الكهربائية المركبة والتي تتميز بالدقة العالية في القياس وهي بالرغم من قدمها فهي لا تزال تستخدم إلى اليوم على نطاق واسع في أجهزة القياس.

وتعتمد القناطر في قياسها على الإتزان بين الأفرع المختلفة للقنطرة وهذا يعني أنها لا تعتمد على دقة ضبط أو خواص الأجهزة المستخدمة في القياس كباقي أجهزة القياس التي لا تستخدم القناطر. ولهذا تتمتع القناطر بدرجة دقة عالية مقارنة بباقي أجهزة القياس .

وتستخدم القناطر بكثرة في دوائر التحكم الإلي ، حيث يمثل المتغير المراد قياسه و التحكم فيه (مثل درجة الحرارة ، الضغط ، الضوء، ...الخ) يمثل بمقاومة متغيرة (حساس) تتغير قيمتها بتغير الكمية الفيزيقية المراد التحكم فيها، ثم توضع هذه المقاومة كفرع من أفرع القنطرة المستخدمة في القياس والتحكم. وبتغير الكمية الفيزيقية يتغير اتزان القنطرة فيتدخل المتحكم بطريقة ما بحيث يعيد الكمية الفيزيقية إلى وضعها الأول ليعيد للقنطرة اتزانها.

القياس باستخدام قنطرة ويتستون

الدائرة المستخدمة: شكل (1) يبين قنطرة ويتستون بفروعها الأربعة وأطرافها الأربعة. موصل مصدر قدرة مستمر عند الطرفين (C, D) وجهاز جلفانوميتر حساس (أو جهاز راسم ذبذبات في حالة عدم توفر الجلفانوميتر) موصل بين الطرفين (A, B) للكشف عن حالة الاتزان.



شكل (1) تركيب قنطرة ويتستون

استنتاج القوانين المستخدمة في الحسابات

عند الاتزان (عدم انحراف مؤشر الجلفانومتر) فإن التيار المار في الجهاز الحساس يساوي الصفر $I_G = 0$ وبذلك يصبح الفقد في الجهد عبر المقاومة R1 يساوي الفقد في الجهد عبر المقاومة R2 ، وكذلك يصبح الفقد في الجهد عبر المقاومة R3 يساوي الفقد في الجهد عبر المقاومة R4 .

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (1)$$

$$I_3 R_3 = I_4 R_4 \quad (2)$$

$$I_1 = I_3 \quad (3)$$

$$I_2 = I_4 \quad (4)$$

بالتعويض عن التيارات في معادلة (2) ينتج أن:

$$I_1 R_3 = I_2 R_4 \quad (5)$$

بقسمة (1) على (5):

$$\frac{R_1}{R_3}=\frac{R_2}{R_4}$$

ويمكن إعادة صياغة المعادلة على الصورة:

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

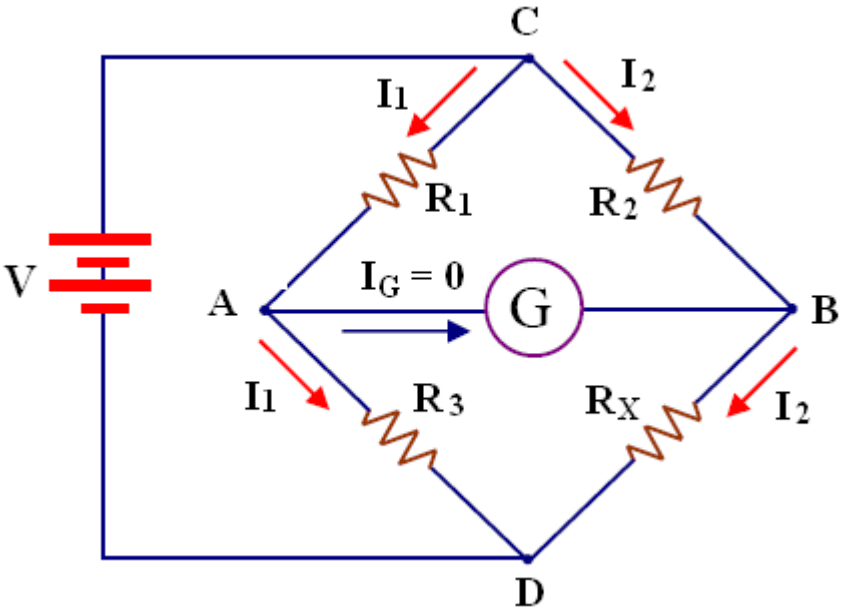
أو:

$$R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

وبذلك لو وضعنا مقاومة مجهولة في الفرع الرابع مكان R_4 ولتكن R_X فيمكن تعيين قيمتها بمعلومية المقاومات الثلاث في الأفرع الأخرى وذلك عند الاتزان. وتصبح قيمة المقاومة المجهولة عند الاتزان:

$$R_X = \frac{R_2 R_3}{R_1} \qquad (6)$$

وشكل (2) يبين القنطرة في حالة الاتزان.



شكل (2) قنطرة ويتستون عند الاتزان

تجربة (1)

قياس مقاومة مادية مجهولة باستخدام قنطرة ويتستون

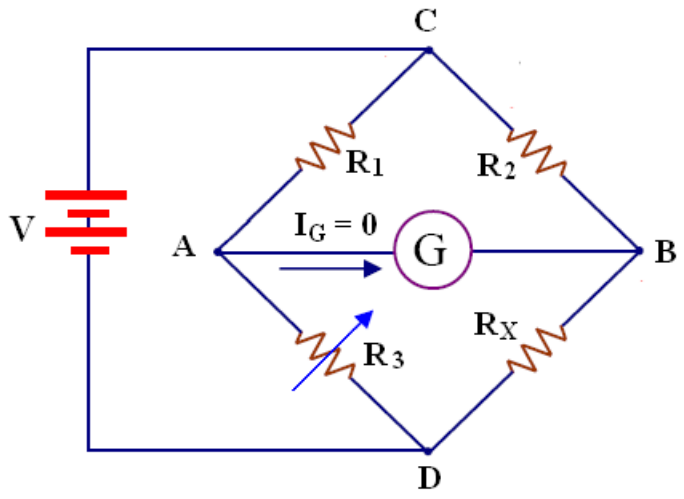
الهدف من التجربة : كيفية استخدام قنطرة ويتستون لقياس مقاومة مادية مجهولة.

فكرة التجربة : استخدام عدد من المقاومات المعلومة (R_1, R_2) وكذلك صندوق مقاومات (R_3) أو مقاومة متغيرة لتكوين القنطرة والتغيير في قيمة R_3 حتى نحصل على حالة الاتزان ثم نستخدم المعادلة (6) لحساب المقاومة المجهولة R_X .

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد.
- جهاز جلفانوميتر حساس أو فولتميتر رقمي أو جهاز راسم ذبذبات .
- جهاز قياس متعدد الأغراض.
- مقاومات معلومة القيمة و R_1 , R_2 صندوق مقاومات معلومة القيمة أو مقاومة متغيرة. و جميع المقاومات بقدرة 1 وات وبنسبة تفاوت لا تزيد عن(5%) .
- مقاومة مجهولة القيمة R_X.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة في القياس :



شكل (3) قنطرة ويتستون لقياس مقاومة مجهولة

خطوات العمل:

1- قس القيمة الحقيقية والمضبوطة للمقاومات R_1, R_2 بجهاز الأوميتر لزيادة دقة الحسابات.

2- صل الدائرة الموضحة بشكل (3) مع ضبط الجهد المستمر على 5V

3- غير المقاومة R_3 وراقب مؤشر الجلفانومتر إلى أن يحدث الاتزان.

4- احسب قيمة المقاومة المجهولة R_X من المعادلة : $$R_X = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

5- قس القيمة الحقيقية والمضبوطة للمقاومة المجهولة R_X بجهاز الأوميتر وذلك بعد فصلها عن الدائرة.

6- قارن بين القيمة المحسوبة من الخطوة 4 مع القيمة المقاسة للمقاومة المجهولة من الخطوة 5 وحدد نسبة الخطأ في القياس بالقنطرة من القانون: $$E\% = \frac{R_{XM} - R_{XC}}{R_{XM}}$$

حيث R_{XM} هي القيمة المقاسة، و R_{XC} هي القيمة المحسوبة للمقاومة المجهولة R_X من القنطرة.

7- غير من النسبة $\frac{R_2}{R_1}$ و كرر الخطوات من (1) إلى (6) وقم بتعبئة الجدول.

8- قارن بين النتائج التي حصلت عليها في الجدول السابق.

9- حدد النسبة $\frac{R_2}{R_1}$ والتي تعطي أقل نسبة خطأ بين القيمة المحسوبة والمقاسة.

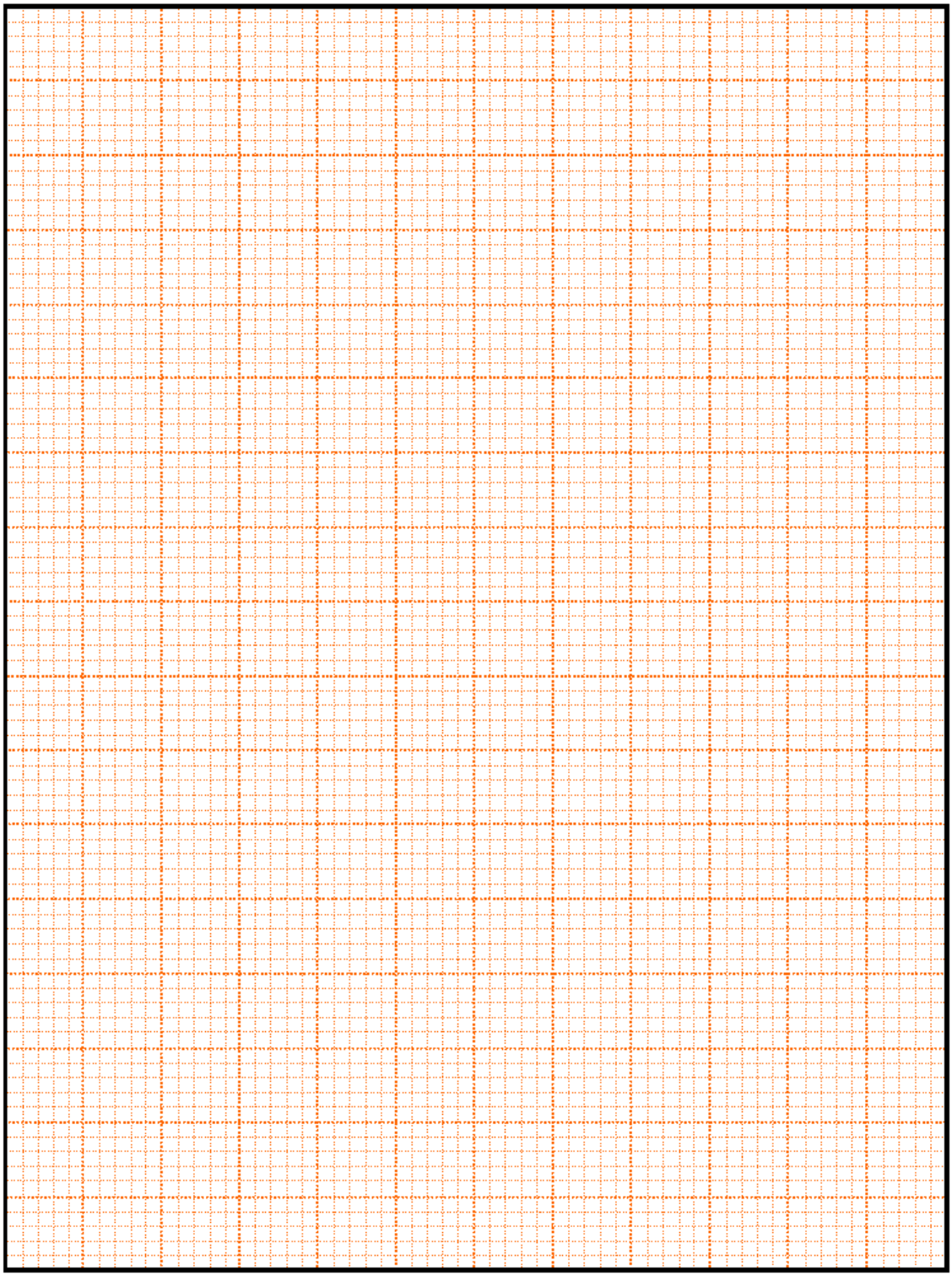
10- ارسم علاقة بين $\frac{R_2}{R_1}$ على الأفقي ونسبة الخطأ $E\%$ على الرأسي.

النتائج:

نسبة الخطأ في القياس E%	القيمة المحسوبة للمقاومة المجهولة R_X	القيمة المقاسة للمقاومة المجهولة R_X	$\frac{R_2}{R_1}$

المقارنة والاستنتاج:

الرسم البياني:



تجربة (2)

قياس معاوقة مجهولة باستخدام قنطرة ماكسويل

الهدف من التجربة: كيفية استخدام قنطرة ماكسويل لقياس معاوقة مجهولة.

فكرة التجربة: يمكن اختصار أي معاوقة حثية إلى محاثة ومقاومة متوازيتين . ويمكن استخدام قنطرة للتيار المتردد مثل قنطرة ماكسويل لتحديد قيمة المحاثة والمقاومة لأي معاوقة حثية مجهولة كما هو موضح بالشكل (1).

فعند الاتزان يصبح : $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$

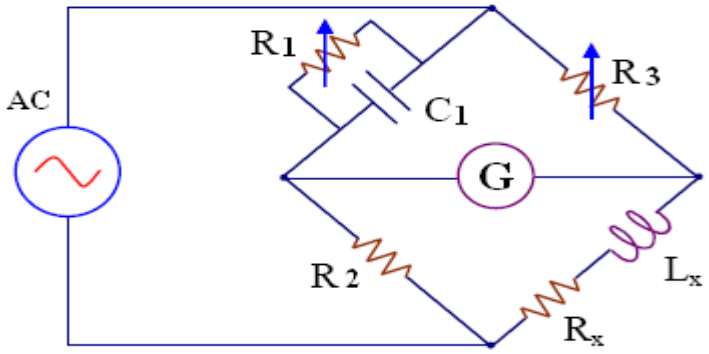
مع ملاحظة أن التيارات يجب أن تتساوى في القيمة والزاوية حتى تتزن القنطرة.

وبمساواة طرفي المعادلة (الحقيقي = الحقيقي ، والتخيلي = التخيلي) ، نستطيع تحديد قيمة المحاثة وكذلك المقاومة لأي ملف مجهول وذلك بدقة عالية.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد متغير الجهد.
- جهاز جلفانوميتر حساس أو فولتميتر رقمي أو جهاز راسم ذبذبات .
- جهاز قياس المعاوقة (Vector Impedance Meter).
- مقاومة معلومة القيمة و $R_2 = 1k\Omega$ و مقاومتين متغيرتين بقيم $R_1 = 10k\Omega$, $R_3 = 100k\Omega$ ، جميع المقاومات بقدرة 1 وات وبنسبة تفاوت لا تزيد عن 5% .
- ملف ذو قلب حديدي (1000 Wdg) يمثل Z_X.
- مكثف سيراميكي (C1= 0.001 µF).
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة في القياس:



شكل (1) قنطرة ماكسويل لقياس معاوقة مجهولة

خطوات العمل:

1- صل الدائرة الموضحة بشكل (1) مع ضبط الجهد المتردد على 5V

2- غير في قيم المقاومات R_1, R_3 وراقب مؤشر الجلفانوميتر إلى أن يحدث الاتزان.

3- افصل كلا من R_1, R_3 من الدائرة وقم بقياسهما باستخدام جهاز الأوميتر وسجل قيمهما.

4- احسب قيمة المحاثة المجهولة من العلاقة: $L_X = R_2 R_3 C_1$

5- احسب قيمة المقاومة المجهولة من العلاقة: $R_X = \frac{R_2 R_3}{R_1}$

6- قم بحساب قيمة المعاوقة المجهولة Z_X من العلاقة: $Z_X = \sqrt{R_X^2 + X_L^2}$

7- قم بقياس المعاوقة المجهولة Z_X كقيمة وزاوية بجهاز قياس المعاوقة.

8- قس القيمة الحقيقية والمضبوطة للمقاومة المجهولة R_X بجهاز الأوميتر وذلك بعد فصلها عن الدائرة.

9- قم بحساب ممانعة الملف من العلاقة $X_L = \sqrt{Z_X^2 - R_X^2}$ ثم احسب المحاثة من العلاقة $L_X = \frac{X_L}{2\pi f}$

10- قارن بين القيمة المحسوبة من القنطرة لكل من المحاثة L_X والمقاومة R_X للملف من الخطوتين (4 , 5) مع القيم المقاسة من الخطوتين (8 , 9) وحدد نسبة الخطأ في القياس بالقنطرة من القانون:

$$E_R\% = \frac{R_{XE} - R_{XM}}{R_{XE}} \quad , \quad E_L\% = \frac{L_{XE} - L_{XM}}{L_{XE}}$$

11- دون ملاحظاتك على النتائج.

الحسابات والنتائج:

أجهزة وقياسات كهربائية

قياس القدرة الكهربائية

الوحدة الخامسة : قياس القدرة الكهربائية

الجدارة :

يتعرف المتدرب على كيفية قياس القدرة الكهربائية في مختلف الدوائر الكهربائية بعدة طرق والمقارنة بين الطرق المختلفة.

الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب من :

1. التعرف على جهاز قياس القدرة (الواتميتر).
2. قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المستمر .
3. قياس القدرة عن طريق الجهد والتيار.
4. قياس القدرة عن طريق الواتميتر.
5. قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد أحادية الوجه.
6. قياس القدرة الفعالة باستخدام الواتميتر ومقارنتها بالقدرة المقاسة بواسطة جهازي فولتميتر وأميتر.
7. قياس معامل القدرة للدوائر أحادية الوجه عند أحمال مختلفة (مادي – حثي –سعوي).
8. قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه .
9. قياس القدرة الفعالة باستخدام ثلاثة أجهزة واتميتر عند أحمال مختلفة (مادي – حثي – سعوي).
10. قياس القدرة الفعالة وغير الفعالة ومعامل القدرة باستخدام جهازي واتميتر عند أحمال مختلفة (مادي – حثي – سعوي).

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارت بنسبة 90٪.

الوقت المتوقع للتدريب: 8 ساعات.

مقدمة عن القدرة الكهربائية

سندرس في هذه الوحدة كيفية قياس القدرة الكهربائية لدوائر التيار المستمر ودوائر التيار المتردد. ففي دوائر التيار المستمر لا يوجد غير نوع واحد من القدرة وهي القدرة الفعالة (أو الحقيقية) لأن كلا من الجهد والتيار يكون مستمر فلا يوجد فرق في الطور بينهما. وعناصر الدائرة الكهربائية غير الفعالة (Passive) وهي المقاومة والملف والمكثف. والعنصر الوحيد المستهلك للقدرة هو المقاومة والتي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

والقدرة يمكن حسابها بأحد القوانين التالية:

$$P=V\,I\,, \qquad P=\frac{V^2}{R}\,, \qquad P=I^2\,R \tag{1}$$

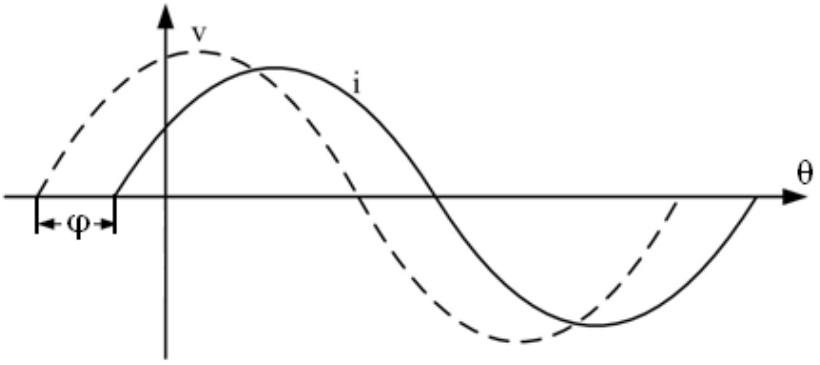
أما في دوائر التيار المتردد فيوجد ثلاثة أنواع من القدرة: القدرة الظاهرية (S)، والقدرة الفعالة (الحقيقية) (P) ، والقدرة غير الفعالة (Q). والعنصر المستهلك للقدرة هو المقاومة كما أسلفنا سابقاً أما كلا من الملف والمكثف فيختزنان الطاقة الكهربائية ولا يستهلكانها وبذلك يتسببان في وجود القدرة غير الفعالة (Q). فالملف يختزن الطاقة على هيئة مجال مغناطيسي أما المكثف فيختزن الطاقة على هيئة مجال كهربائي في المادة العازلة بين لوحيه. والقدرة في دوائر التيار المتردد يمكن حسابها بالقوانين التالية:

$$S=V\,I \qquad \text{(VA)} \tag{2}$$

$$P=V\,I\cos(\Phi) \quad \text{(W)} \tag{3}$$

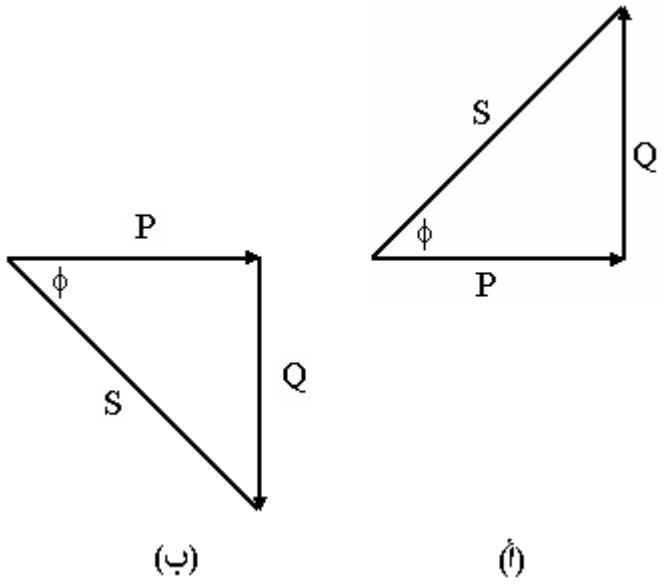
$$Q=V\,I\sin(\Phi) \quad \text{(VAR)} \tag{4}$$

وذلك لوجود زاوية الطور (Φ) بين الجهد والتيار كما في شكل (1). ونستطيع رسم العلاقة بين المتغيرات (S,P,Q,Φ) على شكل مثلث يسمى مثلث القدرة شكل (2).



شكل (1) زاوية الطور بين الجهد والتيار.

ويمكن قياس القدرة الفعالة سواء للتيار المستمر أو المتردد باستخدام الواتميتر. أما القدرة غير الفعالة للتيار المتردد فتقاس باستخدام جهاز الفارروميتر ويمكن قياسها أيضاً باستخدام جهازي واتميتر في الدوائر ثلاثية الأوجه. و يمكن باستخدام جهازي فولتميتر وأميتر.قياس القدرة الفعالة للتيار المستمر أو القدرة الظاهرية للتيار المتردد. وبمعرفة متغيرين من أربعة متغيرات (S,P,Q, Φ) نستطيع معرفة المتغيرين الآخرين باستخدام المعادلات السابقة أو بالطريقة البيانية.



شكل (2) مثلث القدرة (أ) للحمل الحثي (ب) للحمل السعوي

تجربة (1)

قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المستمر

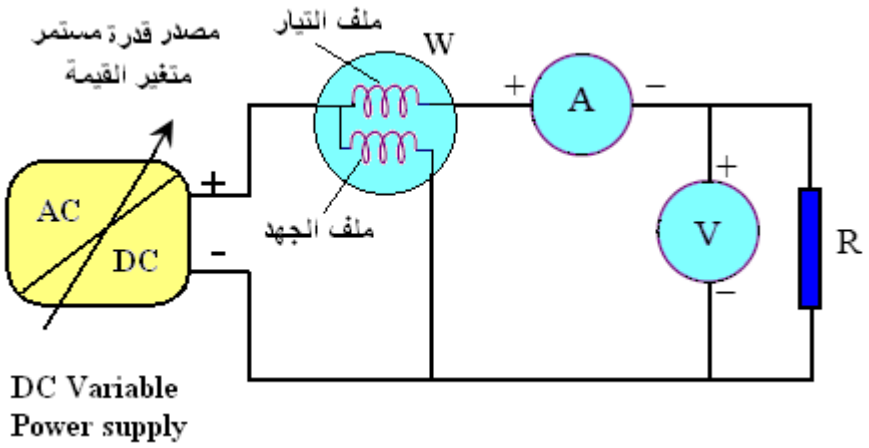
الهدف من التجربة: كيفية استخدام الواتميتر لقياس القدرة الكهربية ومقارنتها بطريقة قياس الأميتر والفولتميتر.

فكرة التجربة: استخدام جهاز واتميتر في دوائر التيار المستمر لقياس القدرة بطريقة مباشرة واستخدام جهازي أميتر وفولتميتر لحساب القدرة ومقارنة النتائج.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-10 V).
- جهاز واتميتر.
- جهاز فولتميتر لقياس الجهد المستمر
- جهاز مللي أميتر لقياس التيار المستمر.
- مقاومة قدرة للحمل (R=100 Ω, 2W).
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة في القياس:



شكل (1) قياس القدرة في دائرة التيار المستمر

خطوات العمل:

11- اختر وضع القياس للتيار المستمر والجهد المستمر للأميتر و الفولتميتر قبل التوصيل.

12- صل الدائرة الموضحة بشكل (1) مع ضبط الجهد المستمر للمصدر على الصفر عند البدء.

13- اختر التدريج المناسب لكل من الفولتميتر و الأميتر و الواتميتر ليعطي أعلى دقة في القياس مع مراعاة أطراف التوصيل للأجهزة.

14- ابدأ بزيادة الجهد حتى 10V وذلك على خطوات وسجل قراءات الأجهزة في الجدول (1).

15- احسب قيمة القدرة المسحوبة بواسطة الحمل (بالمللي وات) باستخدام قراءة الفولتميتر (بالفولت) والمللي أميتر (بالمللي أمبير) من القانون:

$$P = V\,I \quad (\mathrm{mW})$$

16- قارن بين القدرة المحسوبة مع القيمة المقاسة بواسطة الواتميتر (W) في كل حالة واحسب نسبة الخطأ في قراءة الواتميتر من القانون :

$$E\,\% = \frac{P - W}{P} x100$$

ثم سجل الحسابات في الجدول.

17- ارسم علاقة بين الجهد على الأفقي والتيار المسحوب على الرأسي.

18- ارسم علاقة ثانية بين الجهد على الأفقي والقدرة المحسوبة على الرأسي.

19- ارسم علاقة ثالثة بين القدرة المحسوبة على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأسي.

20- قارن بين النتائج التي حصلت عليها في الجدول وعلل أشكال المنحنيات التي حصلت عليها.

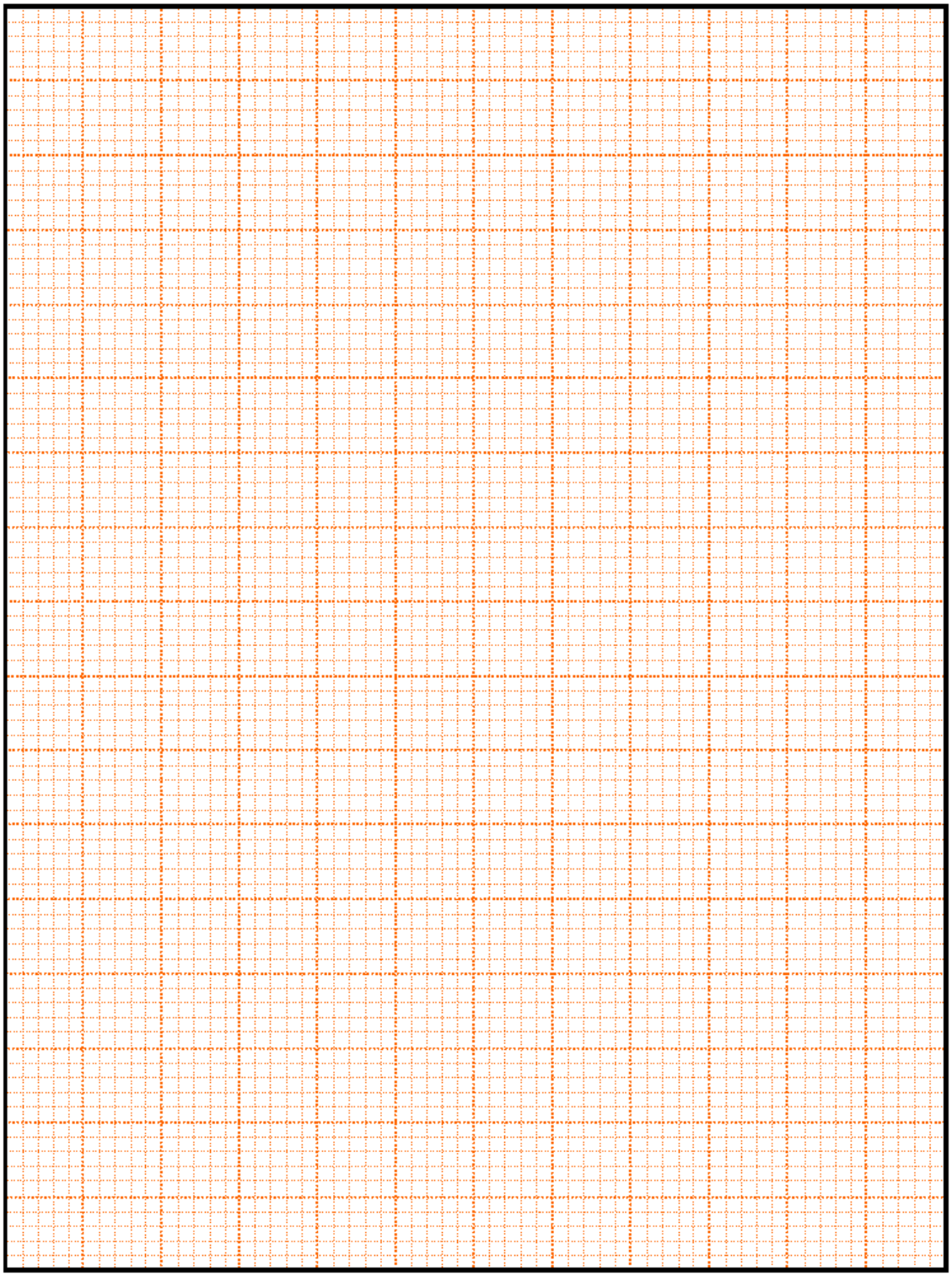
النتائج:

الجهد (V)	التيار (mA)	القدرة المحسوبة (P)	قراءة الواتميتر (mW)	نسبة الخطأ E%
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

جدول (1)

المقارنة والاستنتاج:

الرسم البياني:



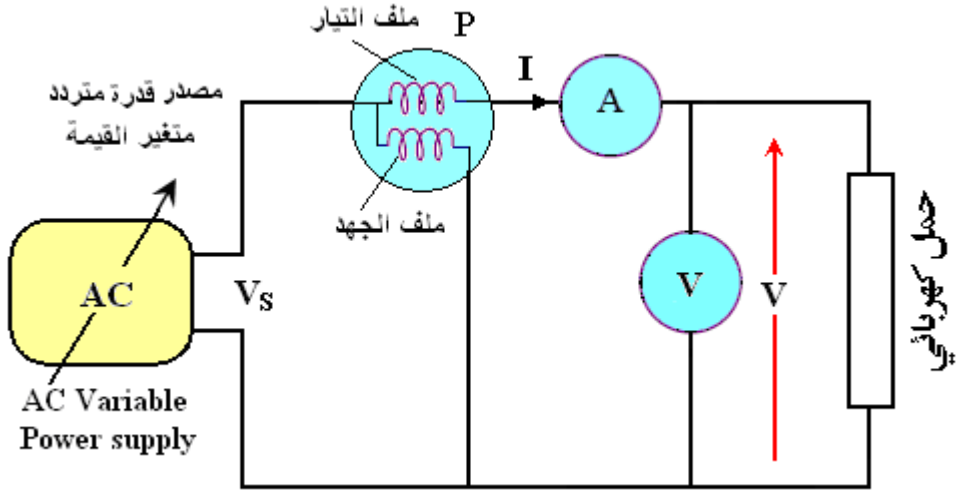
تجربة (2)

قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد أحادية الوجه

الهدف من التجربة: كيفية قياس القدرة الكهربية ومعامل القدرة في دوائر التيار المتردد أحادية الوجه بأنواعها الثلاثة باستخدام أميتر وفولتميتر ومقارنتها بقياس الواتميتر.

فكرة التجربة: بقياس القدرة الفعالة باستخدام واتميتر ومقارنتها بقياس الجهد والتيار المتردد باستخدام أميتر وفولتميتر يمكن استنتاج وحساب قيمة القدرة غير الفعالة وكذلك معامل القدرة وذلك عند أحمال مختلفة (مادية – حثية –سعوية) في الدائرة.

الدائرة المستخدمة في القياس:



شكل (1) قياس القدرة لحمل أحادي الوجه

في الدائرة (شكل 1) يتم توصيل حمل مادي ثم حمل حثي ثم حمل سعوي ويتم في كل حالة قياس القدرة الفعالة (P) باستخدام جهاز الواتميتر. وقياس التيار والجهد على الحمل ، وبضرب قيمة جهد الحمل في قيمة تيار الحمل يتم حساب القدرة الظاهرية (S). ومن العلاقة $\cos(\Phi)=\frac{P}{S}$ نحسب معامل القدرة. ويكون معامل القدرة يساوي الواحد في حالة الحمل المادي، ويكون أقل من الواحد ومتأخر في حالة

الحمل الحثي ، وأقل من الواحد ومتقدم في حالة الحمل السعوي. ومن العلاقة $Q=\sqrt{S^2-P^2}$ يتم حساب القدرة غير الفعالة Q في الحمل.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد متغير الجهد (0-220V).
- جهاز فولتميتر لقياس الجهد المتردد (600V AC).
- جهاز أميتر (0-10A).
- جهاز واتميتر $(1-5A, 100-400V)$.
- حمل مادي عبارة عن مقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$.
- حمل حثي (R-L Load) عبارة عن ملف (100 mH, 1.5A) ومقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ توالي.
- حمل سعوي (R-C Load) عبارة عن مكثف (47 µF, 400V) ومقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ توالي.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

خطوات العمل:

1- صل الدائرة الموضحة بشكل (1) مع توصيل الحمل المادي واضبط الجهد على (20V).

2- خذ قراءات الأجهزة (V, I, and P) ثم سجلها في الجدول (1).

3- احسب القدرة الظاهرية للحمل من قراءتي الأميتر و الفولتميتر $S=V\ X\ I$

4- احسب معامل القدرة من القانون: $\cos(\Phi)=\frac{P}{S}$.

5- قارن بين القدرة الحقيقية P والقدرة الظاهرية S المحسوبة.

6- احسب القدرة غير الفعالة من القانون: $Q=\sqrt{S^2-P^2}$.

7- غير من قيمة الجهد وكرر الخطوات من (2) إلى (6) .

8- ارسم مثلث القدرة (العلاقة بين S,P,Q, Φ) لإحدى القراءات.

9- سجل ملاحظاتك على النتائج.

10- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل الحثي بدلاً من الحمل المادي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 9

11- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل السعوي بدلاً من الحمل الحثي ثم كرر الخطوات من 1 إلى9.

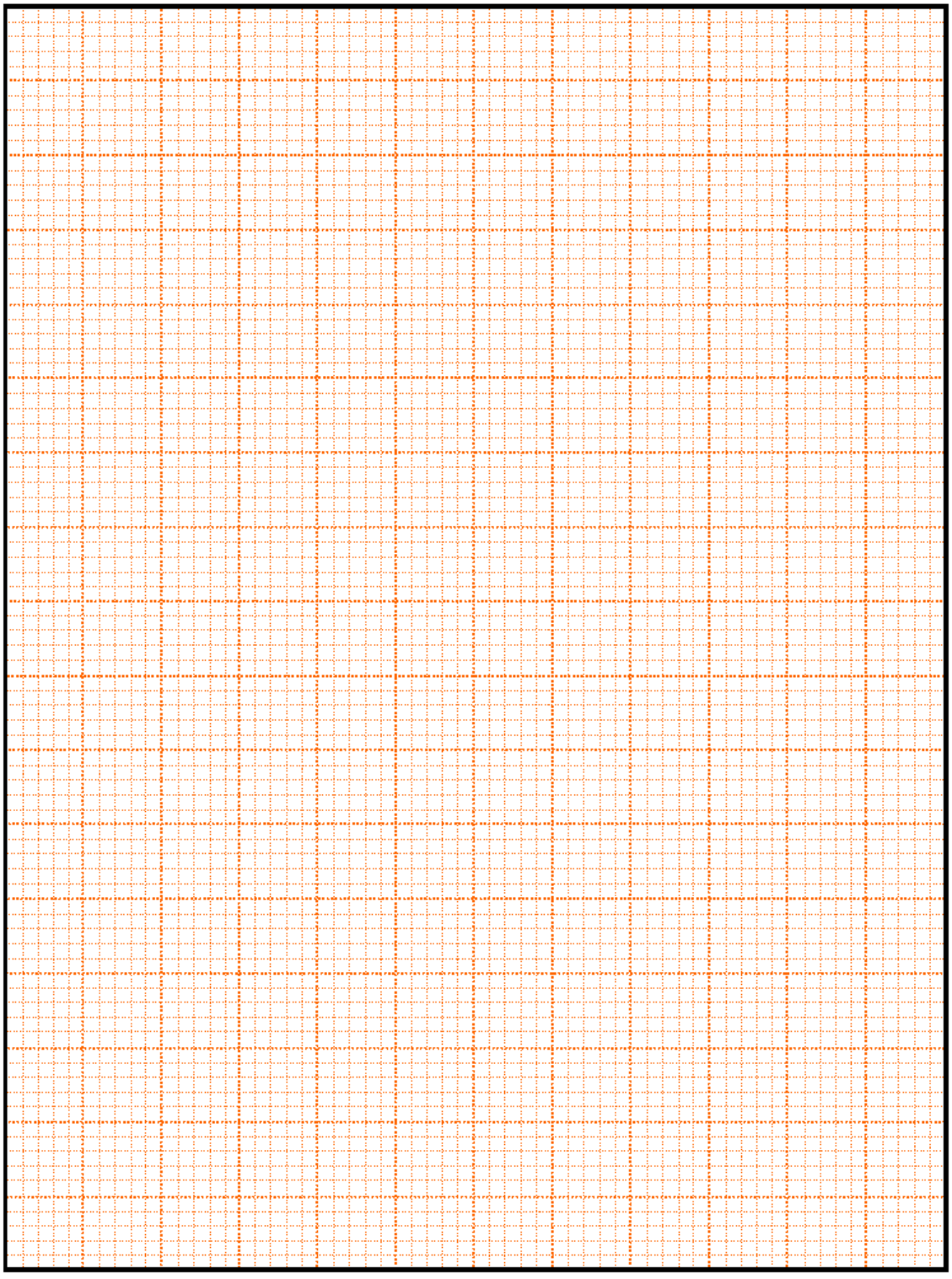
النتائج:

الحـمل	ملاحظات	قراءات			حسابات		
	V_{ph} (V)	I	V	P	S	cos Φ	Q
مادي	20						
	50						
	100						
حثي	20						
	50						
	100						
سعوي	20						
	50						
	100						

جدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه

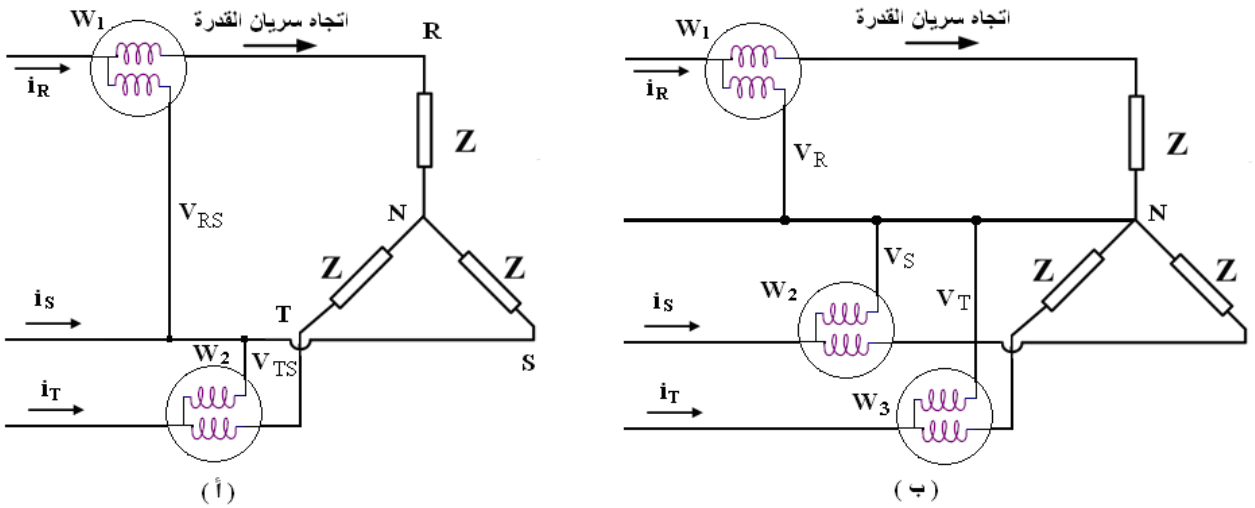
مقدمة: تنقسم الأحمال في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه من حيث الاتزان إلى قسمين: أحمال متزنة وأحمال غير متزنة بمعنى اختلاف القدرة المسحوبة من أحد الأوجه عن القدرة المسحوبة من الوجه الآخر. و تنقسم الأحمال من حيث معامل القدرة إلى ثلاثة أقسام: أحمال حثية وهي الأحمال ذات معامل القدرة المتأخر و أحمال سعوية وهي الأحمال ذات معامل القدرة المتقدم وأحمال مادية و هي الأحمال ذات معامل القدرة يساوي الواحد الصحيح. ونعتمد في قياس القدرة الفعالة على أجهزة الواتميتر أو على طرق أخرى كما رأينا في دوائر التيار المتردد أحادي الوجه. كما تنقسم الأحمال ثلاثية الأوجه من حيث التوصيل إلى قسمين: أحمال موصلة على هيئة واي أو هيئة النجمة (Y- Connected Loads) و أحمال موصلة على هيئة الدلتا (Δ- Connected Loads) . ويمكن اضافة عدد الأسلاك أيضاً إلى التصنيف، فتنقسم الأحمال في هذه الحالة إلى قسمين: أحمال موصلة بثلاث موصلات مثل حالة توصيل الدلتا (Δ- Connected Loads) أو الأحمال المتزنة وأحمال ذات أربع موصلات وهي في أحمال النجمة خاصة غير المتزنة.

ولقياس القدرة في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه توجد عدة طرق نذكر منها:

1- **طريقة الثلاث واتميترات:** وفي هذه الطريقة يدرج واتميتر فى كل وجه وتكون القدرة المستهلكة تساوي مجموع قراءات الثلاثة واتميترات و هذه الطريقة تصلح لحالة الأحمال المتزنة والغير متزنة.
2- **طريقة الواتميترين:** وهذه الطريقة تصلح لقياس القدرة في الدوائر ثلاثية الأوجه بغض النظر عما إذا كانت الدائرة متزنة من عدمه كسابقتها.
3- **طريقة الواتميتر الواحد:** وفيها يستعمل واتميتر واحد للحصول على قراءتين كما في الحالة السابقة ولكن يجب أن يكون الحمل متزن.

القدرة اللحظية في الحمل الثلاثي الأوجه

لإثبات أن القدرة المقاسة في حالة الواتميترين تساوي تلك في حالة الثلاث واتميترات نفرض أن الحمل متصل بطريقة النجمة كما في شكل (1) وأن الجهود والتيارات في نفس الاتجاه عند قراءة الأجهزة.



شكل (1) القدرة اللحظية في حمل ثلاثي الأوجه (أ) طريقة الواتميترين. (ب) طريقة الثلاث واتميترات.

في طريقة الواتميترين (شكل 1- أ):

التيار اللحظي المار في W_1 هو i_R.

الجهد اللحظي خلال W_1 هو v_{RS}.

التيار اللحظي المار في W_2 هو i_T.

الجهد اللحظي خلال W_2 هو v_{TS}.

القدرة اللحظية المقاسة W_1 هي: $W_1 = v_{RS} * i_R$

القدرة اللحظية المقاسة W_2 هي: $W_2 = v_{TS} * i_T$

مجموع القدرة اللحظية المقاسة:

$$W_1 + W_2 = v_{RS} * i_R + v_{TS} * i_T$$
$$= (v_R - v_S) * i_R + (v_T - v_S) * i_T$$
$$= v_R * i_R - v_S * i_R + v_T * i_T - v_S * i_T$$
$$= v_R * i_R + v_T * i_T - v_S * (i_R + i_T)$$

وحسب قانون كيرشوف للتيارات فإن: $i_R + i_S + i_T = 0$

$$i_R + i_T = -i_S$$

$$W_1 + W_2 = v_R * i_R + v_T * i_T + v_S * i_S$$

$$(W_1 + W_2)_2 = (W_1 + W_2 + W_3)_3 \qquad (1)$$

حسب المعادلة (1) فإن القدرة اللحظية المقاسة بطريقة الواتميترين تساوي القدرة اللحظية الكلية للحمل في حالة الثلاث واتميترات.

أما الحمل المتصل بطريقة الدلتا فيسري عليه نفس القانون حيث أن الحمل المتصل بطريقة الدلتا يمكن تحويله إلى حمل مكافئ متصل بطريقة النجمة.

تجربة (3)

قياس القدرة الفعالة في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه باستخدام ثلاثة أجهزة واتميتر

الهدف من التجربة: كيفية استخدام ثلاثة أجهزة واتميتر لقياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه الموصلة على شكل نجمة ذات الأربعة موصلات وذات الثلاثة موصلات عند أحمال مختلفة (مادية – حثية – سعوية).

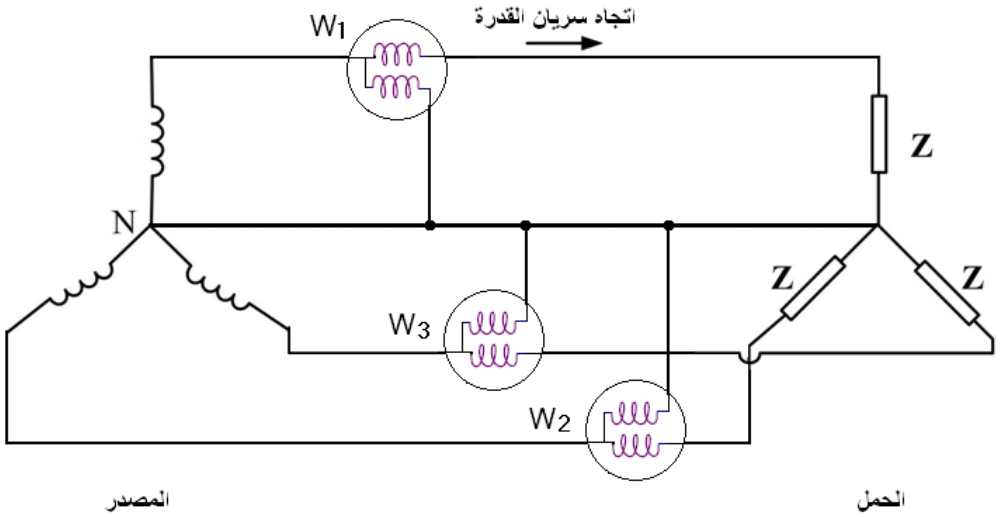
فكرة التجربة: بتوصيل جهاز واتميتر مع كل وجه حيث يوصل ملف التيار ذو المقاومة المنخفضة توالي ليقيس تيار الوجه ويوصل ملف الجهد ذو المقاومة العالية توازي ليقيس جهد الوجه فيكون كل جهاز يقيس القدرة المسحوبة من الوجه الموصل به . ثم بالجمع الجبري للثلاث قراءات نحصل على القدرة الفعالة الكلية المستهلكة في الحمل. وتتمثل صعوبة هذه الطريقة في أنه لا يمكن في جميع الأحوال الحصول على نقطة التعادل (Neutral) للحمل الموصل نجمة أو توصيل الجهاز داخل الوجه في حالة الحمل الموصل دلتا.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

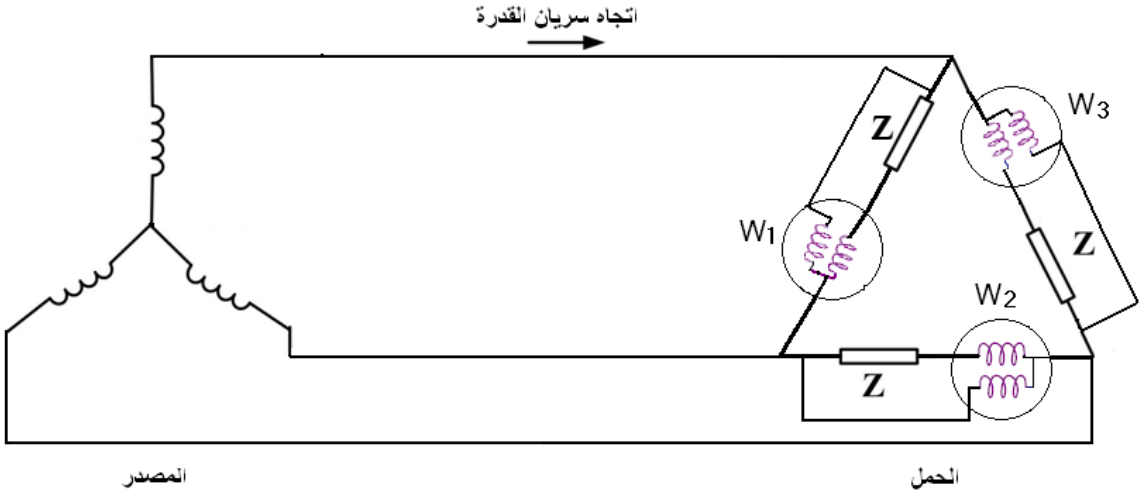
- مصدر قدرة متردد ثلاثي الأوجه متغير الجهد (0-220V).
- ثلاثة أجهزة واتميتر $(1-5A,\ 100-400V)$.
- حمل مادي ثلاثي الأوجه عبارة عن مقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ بكل وجه.
- حمل حثي (R-L Load) ثلاثي الأوجه عبارة عن ملف (100 mH, 1.5A.) ومقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ توالي بكل وجه.
- حمل سعوي (R-C Load) ثلاثي الأوجه متصل على شكل نجمة عبارة عن مكثف (47 µF, 400V) ومقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ توالي بكل وجه.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

ملاحظة: هذه الطريقة تصلح للحمل المتزن أو غير المتزن.

الدائرة المستخدمة في القياس:



شكل (1) قياس القدرة في حمل ثلاثي الأوجه بواسطة ثلاثة أجهزة واتميتر
(الحمل نجمة ، نظام 4 موصلات)



شكل (2) قياس القدرة في حمل ثلاثي الأوجه توصيل دلتا بواسطة ثلاثة أجهزة واتميتر

خطوات العمل:

1- صل الدائرة الموضحة بشكل (1) مع توصيل الحمل المادي واضبط جهد الوجه على (20V).

2- خذ قراءات الأجهزة (W_1, W_2, W_3) ثم سجلها في الجدول (1).

3- احسب القدرة الكلية للحمل من العلاقة: $P_1 = W_1 + W_2 + W_3$

4- غير من جهد المنبع وكرر الخطوات (2-3) وسجل النتائج بالجدول.

5- صل الدائرة الموضحة بشكل (2) وكرر الخطوات (1-4) وسجل النتائج بالجدول.

6- قارن بين النتائج في الحالتين (هل القدرة متساوية؟) وسجل ملاحظاتك.

7- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل الحثي بدلاً من الحمل المادي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 6 .

8- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل السعوي بدلاً من الحمل الحثي ثم كرر الخطوات من 1 إلى6.

النتائج:

الحمل	V_{ph} (V)	الحالة الأولى (نجمة)				الحالة الثانية (دلتا)			
		W_1	W_2	W_3	P_1	W_1	W_2	W_3	P_2
مادي	20								
	30								
	40								
حثي	20								
	30								
	40								
سعوي	20								
	30								
	40								

جدول (1)

المقارنة والملاحظات:

تجربة (4)

قياس القدرة ومعامل القدرة في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه باستخدام جهازي واتميتر

الهدف من التجربة: كيفية استخدام جهازي واتميتر لقياس القدرة الكهربائية بأنواعها المختلفة (فعالة – غير فعالة - ظاهرية) ومعامل القدرة في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه الموصلة على شكل نجمة أو دلتا ثلاثة أو أربعة موصلات.

فكرة التجربة: بتوصيل جهازي واتميتر مع وجهين فقط حيث يوصل ملف التيار ذو المقاومة المنخفضة توالي ليقيس تيار الخط ويوصل ملف الجهد ذو المقاومة العالية توازي ليقيس جهد الخط ثم الجمع الجبري للقرائتين. وقد تم - سابقاً في هذه الوحدة - إثبات أن القدرة في حالة الواتميترين تساوي القدرة الكلية. ويمكن حساب القدرة الفعالة P والقدرة غير الفعالة Q والقدرة الظاهرية S وكذلك معامل القدرة $\cos\phi$ من قراءة الواتميترين حسب العلاقات التالية:

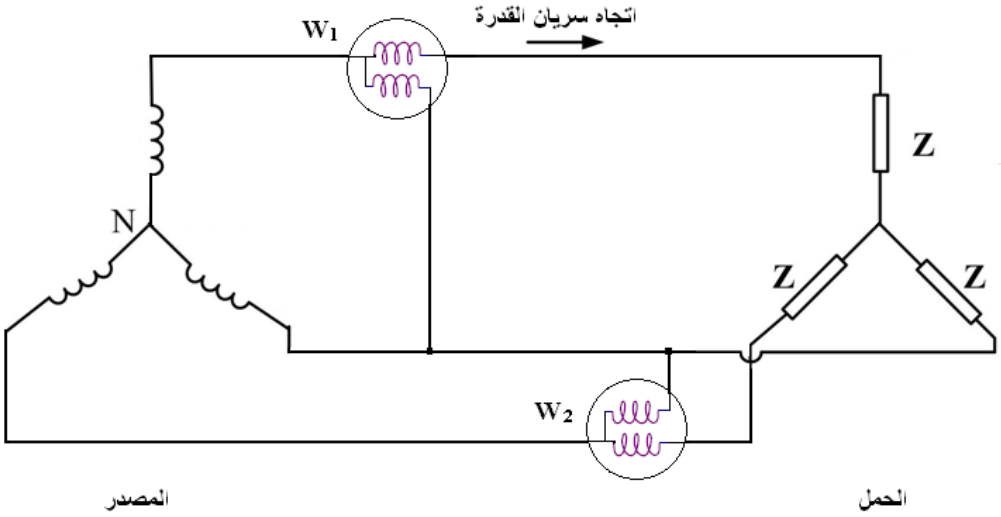
$$P = W_1 + W_2$$
$$Q = \sqrt{3}\,(W_1 - W_2)$$
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$
$$\cos\phi = \frac{P}{S} \qquad (1)$$

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

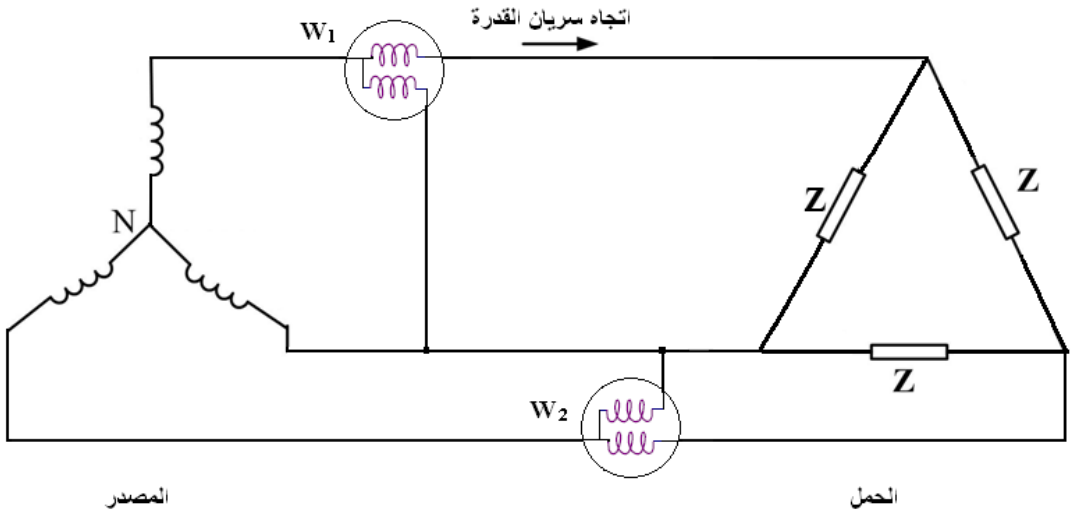
- مصدر قدرة متردد ثلاثي الأوجه متغير الجهد (0-220V).
- جهازي واتميتر $(1-5A,\ 100-400V)$.
- حمل مادي ثلاثي الأوجه عبارة عن مقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ بكل وجه.
- حمل حثي (R-L Load) ثلاثي الأوجه متصل على شكل نجمة عبارة عن ملف (100 mH, 1.5A.) ومقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ توالي بكل وجه.
- حمل سعوي (R-C Load) ثلاثي الأوجه متصل على شكل نجمة عبارة عن مكثف (47 µF, 400V) ومقاومة حرارية $(56\ \Omega, 5A)$ توالي بكل وجه.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

ملاحظة: هذه الطريقة تصلح للحمل المتزن أو غير المتزن.

الدائرة المستخدمة في القياس:



شكل (1) قياس القدرة في حمل ثلاثي الأوجه توصيل نجمة بطريقة الواتميترين.



شكل (2) قياس القدرة في حمل ثلاثي الأوجه توصيل دلتا بواسطة جهازي واتميتر.

خطوات العمل:

1- صل الدائرة الموضحة بشكل (1) أو شكل (2) مع توصيل الحمل المادي واضبط جهد الوجه على (20V).

2- خذ قراءات الأجهزة (W_1, W_2) ثم سجلها في الجدول (1).

3- احسب القدرة الفعالة P والقدرة غير الفعالة Q والقدرة الظاهرية S و معامل القدرة $\cos\phi$ من العلاقة (1) ثم سجلها بالجدول (1) .

4- غير من جهد المنبع وكرر الخطوات 2، 3 وسجل النتائج بالجدول.

5- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل الحثي بدلاً من الحمل المادي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 4 .

6- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل السعوي بدلاً من الحمل الحثي ثم كرر الخطوات من 1 إلى4.

7- قم برسم مثلث القدرة لكل حالة (المادي و الحثي و السعوي).

8- سجل ملاحظاتك على النتائج والرسم.

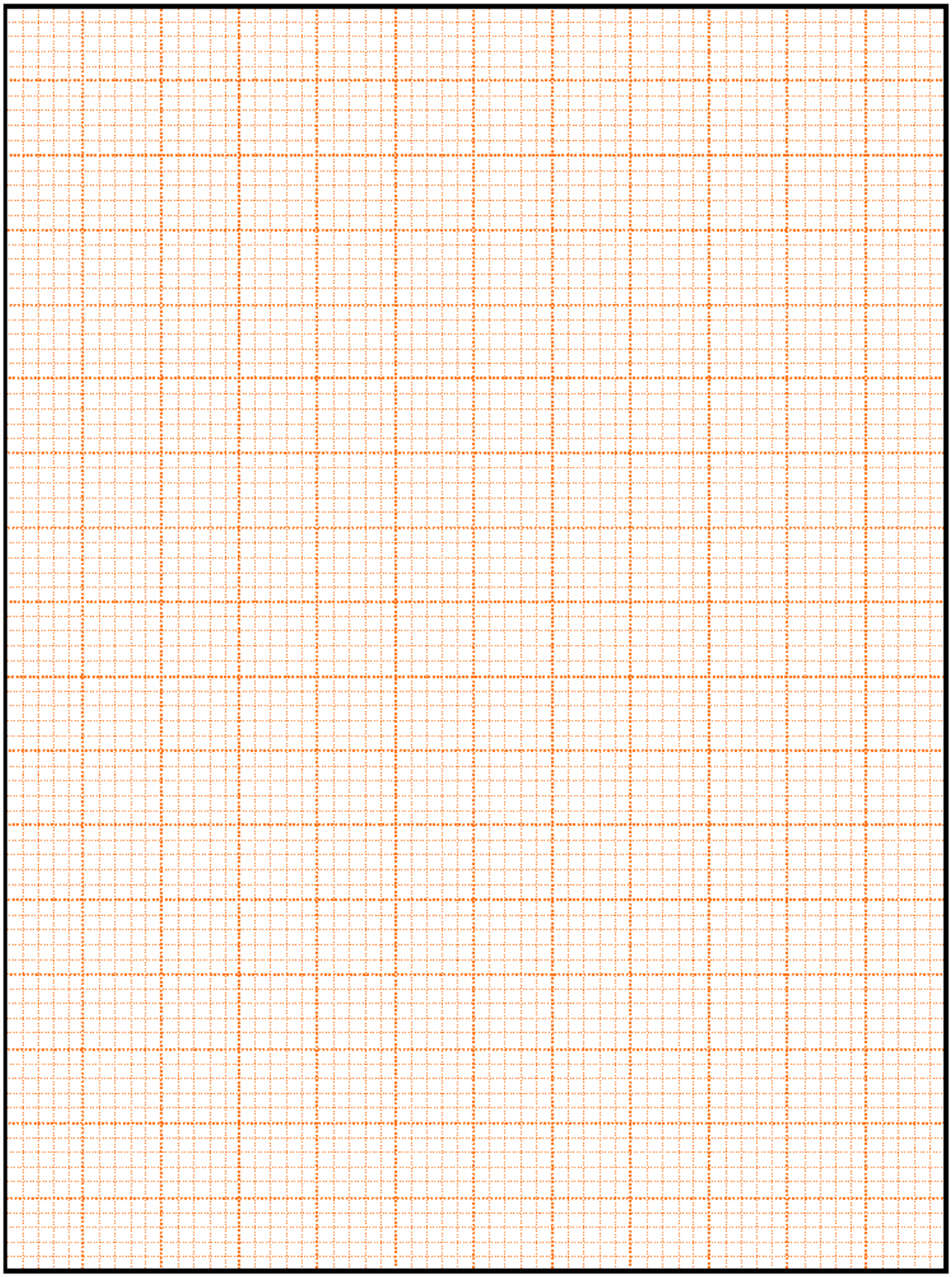
المقارنة والملاحظات:

النتائج:

الحـمل	V_{ph} (V)						
		W_1	W_2	P	Q	S	$\cos\phi$
مادي	20						
	30						
	40						
حثي	20						
	30						
	40						
سعوي	20						
	30						
	40						

جدول (1)

رسم مثلث القدرة للحالات الثلاث :



أجهزة وقياسات كهربائية

القياسات باستخدام محولات التيار والجهد

الوحدة السادسة : القياسات باستخدام محولات التيار و الجهد

الجدارة:

التعرف على استخدام محولات التيار و الجهد في القياس.

الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب من :

1. معرفة توصيل محول التيار CT واستخدامه لقياس التيار.
2. معرفة توصيل محول الجهد PT واستخدامه لقياس الجهد.
3. قياس القدرة باستخدام محول الجهد ومحول التيار.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90٪

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات.

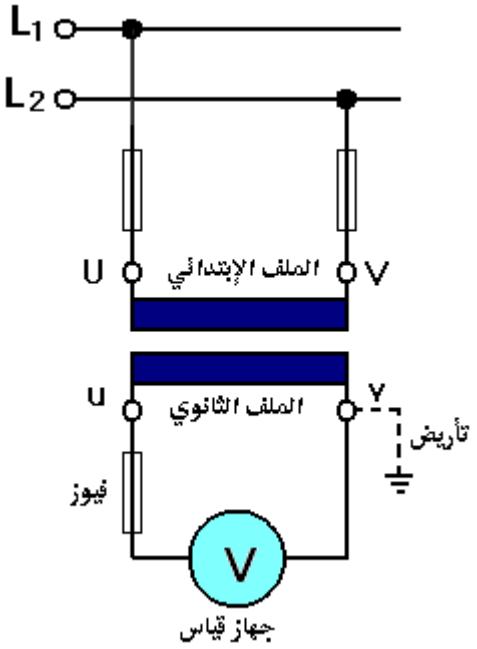
القياس باستخدام محولات التيار و الجهد

محولات القياس :

محولات القياس هي محولات تحول قيم الجهود والتيارات المترددة العالية إلى قيم أصغر. وهي تستخدم في أنظمة القدرة الكهربائية بهدف إطالة مدى القياس لبعض الأجهزة كما تستخدم في محطات الجهد العالي لعزل أجهزة القياس ودوائر الوقاية للمنشآت الكهربية عن الجهد العالي، بحيث تكون أجهزة القياس ودوائر الوقاية تحت جهد منخفض. كما تستخدم لحماية أجهزة القياس من الجهود الزائدة ومن تيارات دائرة القصر. ومحولات القياس إما محولات جهد أو محولات تيار.

محول الجهد (Voltage Transformer) واستخدامه لقياس الجهد :

تعمل محولات الجهد تقريباً عند اللاحمل ونسبة تحويلها تساوى النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي إلى لفات الملف الثانوي $K_V = \frac{N_1}{N_2}$ وهي تساوي أيضا نسبة الجهد الابتدائي إلى الجهد الثانوي $K_V = \frac{V_1}{V_2}$. وتوضع أطراف الابتدائي على الجهد المراد قياسه وأطراف الثانوي توصل مع أجهزة القياس كما في شكل (1).

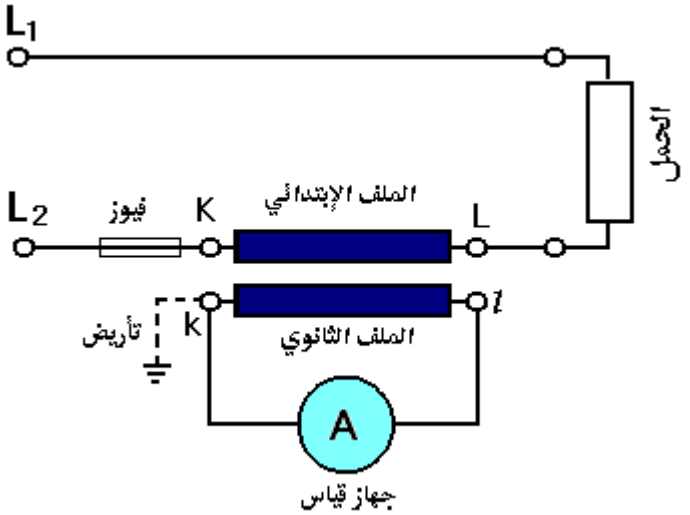


شكل (1) محول الجهد واستخدامه لقياس الجهد.

وتستعمل المصهرات (الفيوزات) في جهة الجهد العالي ولحماية المحول وجهاز القياس يستعمل مصهر في جهة الجهد المنخفض. كما يوصل طرف بالأرضي جهة الجهد المنخفض حتى يتمكن المصهر من الفصل في حالة الانهيار.

محول التيار (Current Transformer) **واستخدامه لقياس التيار:**

تعمل محولات التيار تقريباً عند القصر ونسبة تحويلها تساوي النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي إلى لفات الملف الابتدائي $K = \frac{N_2}{N_1}$ و تساوي نسبة الجهد الثانوي إلى الجهد الابتدائي $K_I = \frac{V_2}{V_1}$ كما تساوي أيضاً نسبة التيار الابتدائي إلى التيار الثانوي $K_I = \frac{I_1}{I_2}$. وتوضع أطراف الابتدائي بالتوالي مع الحمل المراد قياسه وأطراف الثانوي توصل مع أجهزة القياس (أميتر أو واتميتر أو مرحل...الخ)كما في شكل (2).



شكل (2) محول التيار واستخدامه لقياس التيار.

وتستعمل المصهرات (الفيوزات) في جهة المدخل لحماية الحمل ولحماية المحول. كما يوصل طرف بالأرضي جهة المخرج حتى يحمي المستخدم في حالة انهيار المحول لكن لا يوضع مصهر جهة الثانوي حتى لا يفصل الحمل عن المحول فينشأ جهد عال يشكل خطورة على المستخدم.

الاحتياطيات الواجب اتخاذها عند استعمال محولات الجهد والتيار:

يجب اتخاذ بعض الاحتياطات عند التعامل مع محولات القياس سواءً استخدامها لإطالة مدى القياس لبعض الأجهزة أو استعمالها في دوائر الوقاية مثل:

1- يجب لبس الملابس الواقية والحذاء الواقي قبل دخول المختبر.
2- يجب الابتعاد عن أطراف الجهد العالي بمسافة كافية قبل توصيل المحول.
3- لا يجب قصر أطراف محول الجهد .
4- لا يجب تشغيل محول التيار بدون حمل ولذلك لا توضع مصهرات في دائرة الثانوي .
5- عندما يراد فصل جهاز القياس المتصل بمحول الجهد يجب فصل أطراف محول الجهد أولاً من على جانب المدخل.
6- عندما يراد فصل جهاز القياس المتصل بمحول التيار يجب قصر أطراف محول التيار أولاً من على جانب المخرج.
7- يجب قراءة لوحة البيانات للمحول جيداً قبل استخدامه لأول مرة للتأكد من جهود التشغيل وتيارات التشغيل.
8- يلزم قبل التشغيل التأكد من تأريض المحول كما في شكلي (1 , 2).

تجربة (1)

استخدام محول الجهد ومحول التيار في قياس القدرة الكهربية لحمل مادي

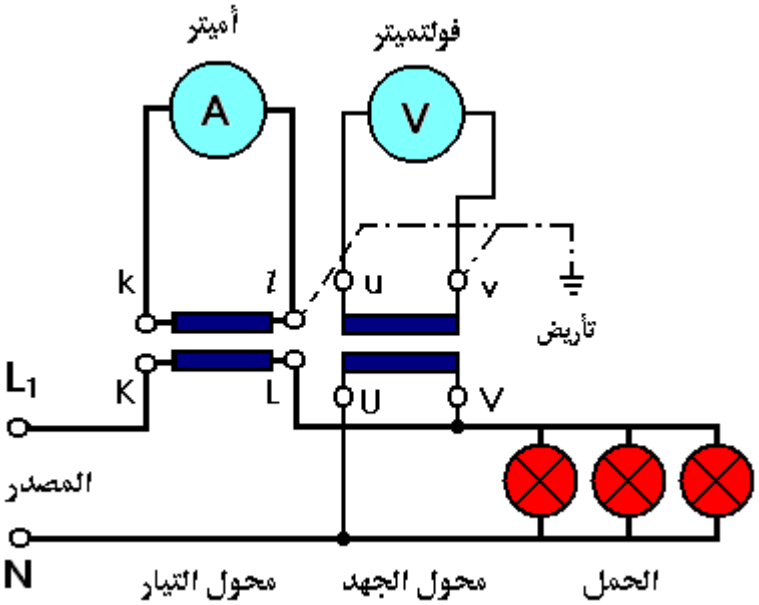
الهدف من التجربة : كيفية استخدام محولات الجهد ومحولات التيار في قياس الجهد والتيار وكذلك استخدامها في قياس القدرة الكهربائية.

فكرة التجربة : في محطات التوليد أو محطات التوزيع للقدرة الكهربائية تكون قيم الجهود والتيارات عالية جداً بحيث يصعب قياسها بأجهزة القياس التقليدية. ولذلك نلجأ إلى استخدام محولات الجهد لخفض الجهد ومحولات التيار لخفض

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد أحادي الوجه متغير الجهد (0-220V).
- حمل كهربائي مادي وليكن عدد من اللمبات الكهربائية.
- عدد 1 محول جهد.
- عدد 1 محول تيار.
- عدد 1 جهاز أميتر رقمي.
- عدد 1 جهاز فولتميتر رقمي.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) توصيل الواتميتر مع محولي الجهد و التيار.

خطوات العمل :

12. صل الدائرة المبينة بالشكل (1).
13. سجل نسبة التحويل لمحول الجهد K_V وكذلك نسبة التحويل لمحول التيار K_I في الجدول.
14. قم بتوصيل القدرة للحمل و سجل قراءات الفولتميتر V_2 و الأميتر I_2 في الجدول.
15. احسب قيمة جهد الحمل وكذلك تيار الحمل من العلاقات:

$$V_1 = K_V * V_2$$

$$I_1 = K_I * I_2$$

حيث $K_V = \frac{V_1}{V_2}$ و $K_I = \frac{I_1}{I_2}$

16. احسب قيمة القدرة المستهلكة في الحمل من العلاقة:

$$P_L = V_1 * I_1 = V_2\, I_2\, K_V\, K_I \quad (Watt)$$

17. سجل النتائج في الجدول.
18. زد من قيمة الحمل بزيادة لمبات توازي وكرر الخطوات (3-6) .
19. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

الحالة	نسبة التحويل	قراءة الفولتميتر (V_2)	قراءة الأميتر(I_2)	جهد الحمل (V_1)	تيار الحمل (I_1)	القدرة المحسوبة (P_L)
1	$K_V =$					
2						
3	$K_I =$					

الملاحظات:

تجربة (2)

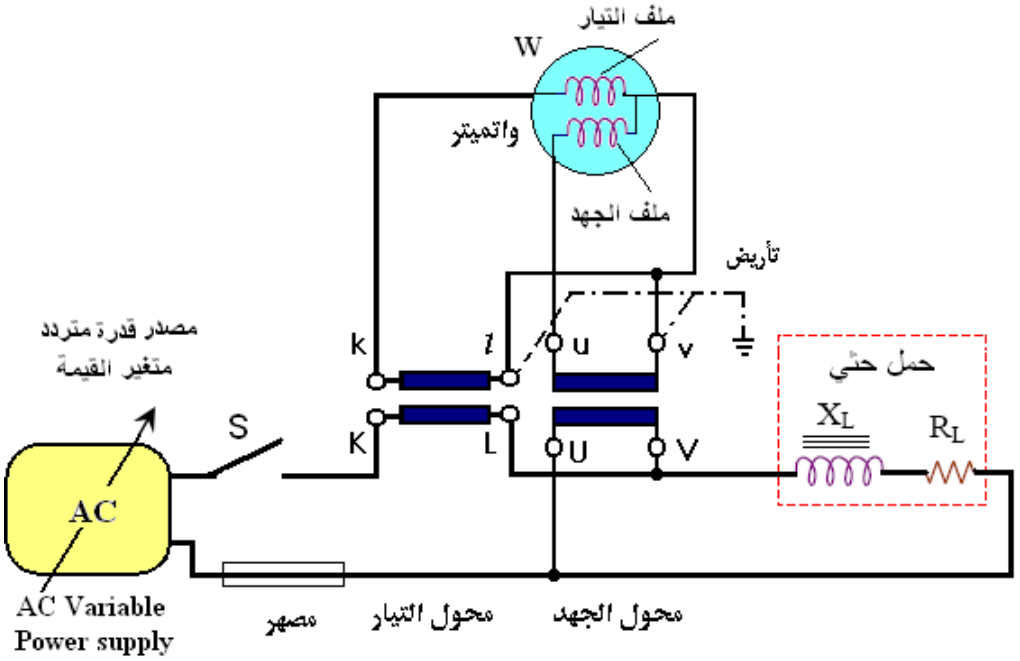
استخدام محول الجهد ومحول التيار لقياس القدرة الكهربية الفعالة لحمل حثي

الهدف من التجربة : كيفية استخدام محولات الجهد ومحولات التيار وتوصيلها مع الواتميتر بغرض قياس القدرة الكهربائية الفعالة لحمل غير مادي ويمكن قياس القدرة لحمل مادي بنفس التوصيلة.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد أحادي الوجه متغير الجهد (0-220V).
- حمل حثي $(R-L\ \ Load)$ مكون من ملف 1000 لفة بقلب حديدي مع مقاومة حرارية متغيرة $(56\ \Omega, 5A)$.
- عدد 1 محول جهد مناسب.
- عدد 1محول تيار مناسب.
- عدد 1 جهاز واتميتر.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) توصيل الواتميتر مع محولي الجهد و التيار لقياس القدرة الفعالة.

خطوات العمل:

1. صل الدائرة المبينة بالشكل (1) وذلك بتوصيل محول الجهد مع ملف الجهد للواتميتر ومحول التيار مع ملف التيار للواتميتر.
2. سجل نسبة التحويل لمحول الجهد K_V وكذلك نسبة التحويل لمحول التيار K_I في الجدول كما هي مكتوبة على جسم المحول.
3. قم بتوصيل القدرة للحمل و سجل قراءة الواتميتر W_2 في الجدول .
4. احسب قيمة القدرة المستهلكة في الحمل W_1 من العلاقة:

$$W_1 = W_2 * K_V * K_I \quad (Watt)$$

5. سجل النتائج في الجدول.
6. زد من قيمة الحمل وذلك بزيادة عدد لمبات التوازي وكرر الخطوات (3-5) .
7. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

م	نسبة التحويل	قراءة الواتميتر (W_2)	القدرة الفعالة للحمل (W_1)
1	$K_V =$		
2			
3	$K_I =$		

الملاحظات:

أجهزة وقياسات كهربائية

قياس الطاقة الكهربائية

الوحدة السابعة : قياس الطاقة الكهربائية

الجدارة:

التعرف على طرق قياس الطاقة و على تركيب وكيفية عمل العدادات الكهربائية.

الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب من :

1. تركيب جهاز قياس الطاقة (العداد الكهربائي).
2. قياس الطاقة الكهربائية باستخدام العداد ثلاثي الأوجه.
3. قياس الطاقة الكهربائية باستخدام العداد ثلاثي الأوجه مع محولات تيار.
4. قياس الطاقة الكهربائية باستخدام العداد ثلاثي الأوجه مع محولات تيار ومحولات جهد.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 95٪.

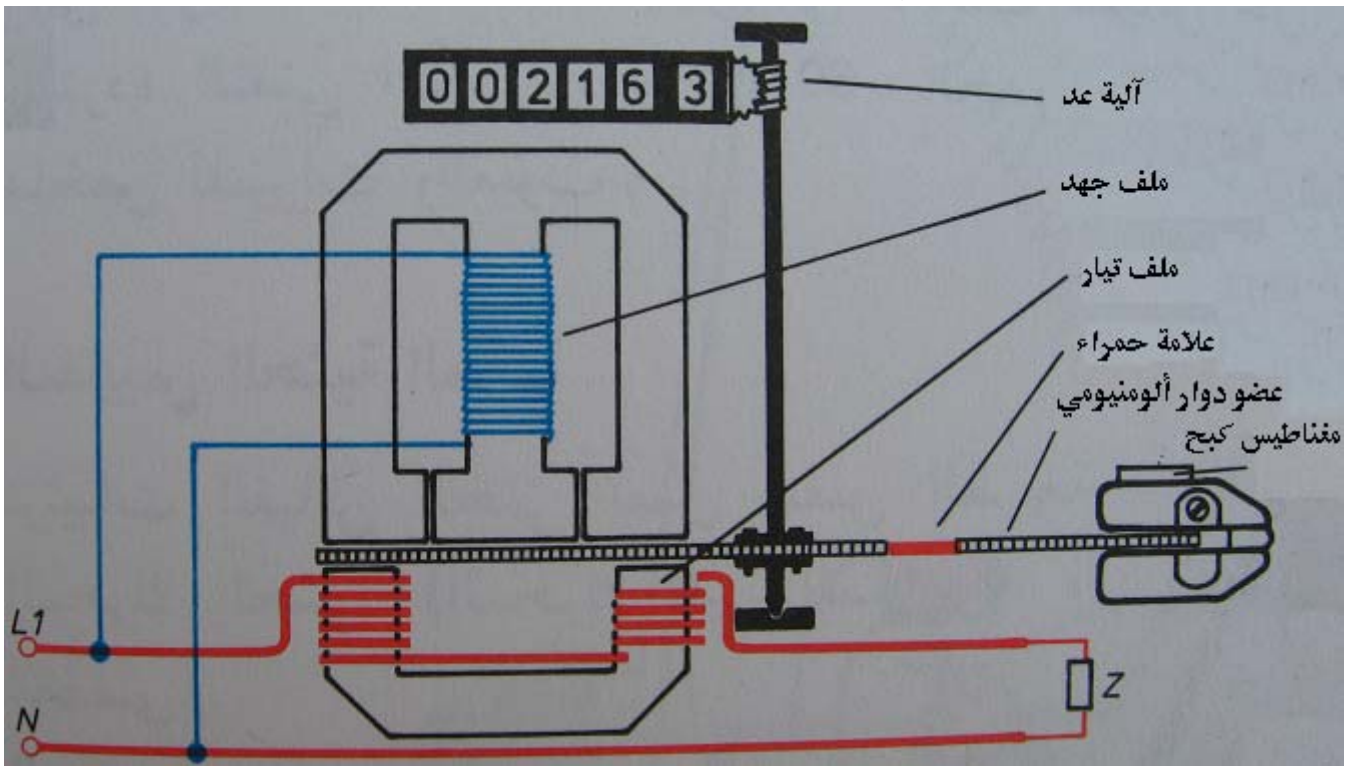
الوقت المتوقع للتدريب: 8 ساعات.

قياس الطاقة الكهربية (الشغل الكهربائي) بالعدادات الكهربائية

يقاس استهلاك المستهلك من الكهرباء بقياس الطاقة الكهربائية أو الشغل الكهربائي ووحدته Joule والجول يساوي (وات- ثانية) ولكن الكميات الكبيرة منه تقاس بالكيلووات- ساعة، ويستخدم العداد الكهربائي لقياس كمية الطاقة المستهلكة والتي على أساسها يتم حساب المشتركين.

تركيب عداد الطاقة الكهربائي

أكثر أنواع العدادات انتشاراً هو العداد الحثي نظراً لميزاته العديدة. و يبين شكل (1) تركيب العداد الحثي ذو القرص حيث يتكون من ملفين أحدهما للجهد والآخر للتيار ملفوفان على قلبين من الحديد مكونة من ألواح. ويتولد منهما فيضان مغناطيسيان- بينهما زاوية طور تساوي 90 درجة- يخترقان القرص المصنوع من الألومنيوم. ينشأ عن ذلك مجال مغناطيسي دوار يولد تيار كهربائي بالحث في قرص الألومنيوم يسبب مجال مغناطيسي بالقرص. وهذا المجال يتبع المجال الدوار وينتج عن ذلك عزم دوران يعتمد على قيمة الجهد والتيار و $\cos\Phi$ أي معتمداً على القدرة الفعالة مسببا دوران القرص. وفي هذه الحالة يدور القرص كالمحرك لعدم وجود نابض إرجاع بالعداد.



شكل (1) تركيب عداد الطاقة الكهربائي.

وللتحكم في سرعة دوران القرص لتناسب الاستهلاك الكهربائي للطاقة يوضع مغناطيس دائم يسمى مغناطيس الكبح على القرص ليسبب عزم دوران مضاد يحد من سرعة حركة القرص.

وتعتبر سرعة دوران القرص في هذه الحالة مقياساً للشغل الكهربائي. وتعد الدورات بواسطة آلية عد تبين الاستهلاك بالكيلووات- ساعة (kWh) . وثابت العداد C_Z يعني عدد الدورات لكل كيلووات- ساعة. وباستخدام ثابت العداد C_Z ، وعدد دورات القرص في الساعة n_h ، يمكن معرفة قدرة الحمل اللحظية P من العلاقة:

$$P=\frac{n_h}{C_Z} \quad (kW)$$

والطاقة المستهلكة تحسب بضرب قدرة الحمل في عدد ساعات التشغيل:

$$E=P*h \quad (kW.h)$$

تجربة (1)

قياس الطاقة الكهربائية لحمل أحادي الوجه

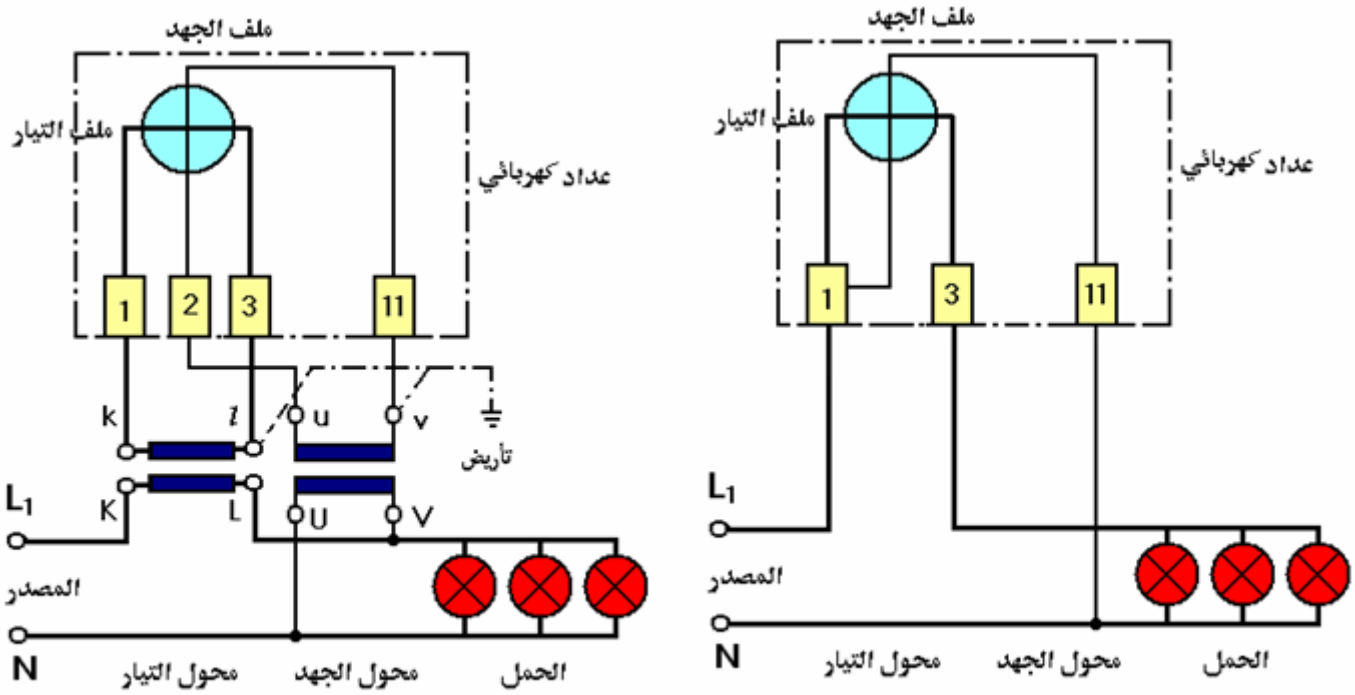
الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز قياس الطاقة الكهربائية (العداد الكهربائي) أحادي الوجه لقياس الطاقة الكهربائية بدون أو مع محولات التيار ومحولات الجهد

فكرة التجربة : في الأحمال أحادية الوجه الصغيرة (المنزلية أو الصناعية) يستخدم العداد الكهربائي مباشرةً لقياس الطاقة الكهربائية. أما في الأحمال الكبيرة مثل أحمال الخطوط الكهربائية (تيار عالي أو جهد عالي) يستخدم العداد الكهربائي مع إضافة محول تيار أو محول جهد أو كليهما لزيادة مدى القياس للعداد ولعزل أجهزة القياس عن خطوط الجهد العالي.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد أحادي الوجه متغير الجهد(0-220V).
- حمل مادي.
- عدد 1 محول جهد.
- عدد 1 محول تيار.
- عدد 1 عداد أحادي الوجه.
- ساعة إيقاف.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل

الدائرة المستخدمة:



(ب) التوصيل مع محولي تيار وجهد (أ) التوصيل المباشر للعداد

شكل (1) توصيل العداد أحادي الأوجه لقياس الطاقة الكهربية.

خطوات العمل:

1. صل الدائرة المبينة بالشكل (1).
2. سجل نسبة التحويل بالجدول لمحول الجهد K_V وكذلك نسبة التحويل لمحول التيار K_I كما هي مكتوبة على جسم المحول.
3. سجل ثابت العداد C_Z في الجدول.
4. صل التيار الكهربائي للحمل ثم سجل عدد لفات القرص للعداد في زمن محدد وليكن دقيقة واحدة n_m باستخدام ساعة الإيقاف.
5. احسب عدد لفات القرص في الساعة n_h من العلاقة: $n_h = n_m * 60 \quad (rev/h)$
6. احسب قدرة الحمل من العلاقة: $P_L = \frac{n_h}{C_Z} * K_V * K_I \quad (kW)$
7. احسب الطاقة المستهلكة في 24 ساعة من العلاقة: $E = P_L * h \quad (kW.h)$

8. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

$K_V =$	
$K_I =$	
C_Z	
n_m	
n_h	
P_L	
E	

الملاحظات:

تجربة (2)

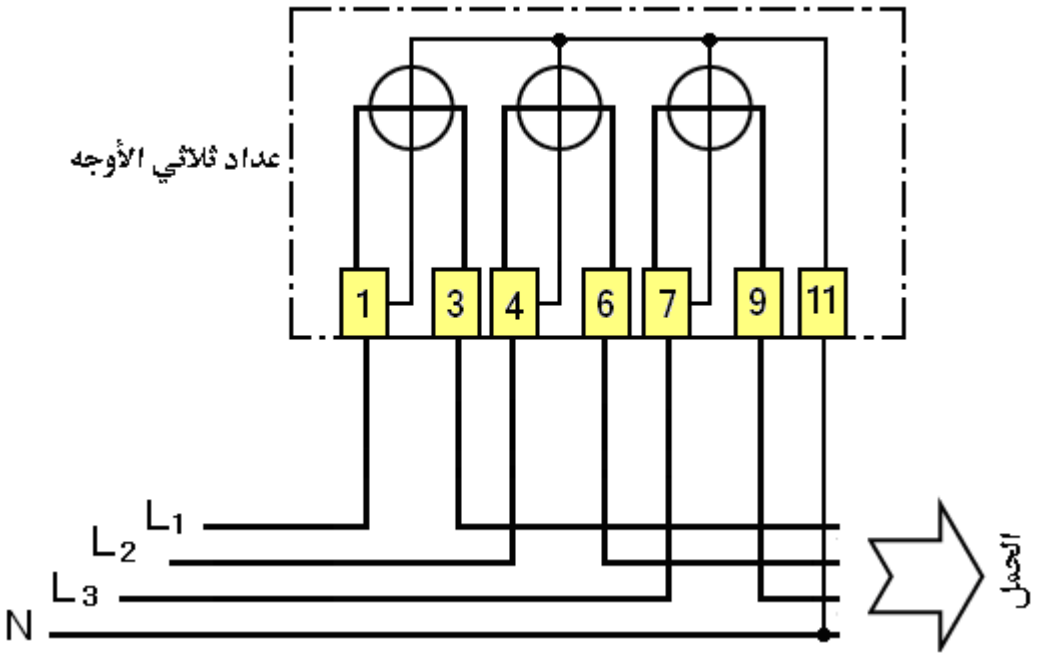
قياس الطاقة الكهربائية بالاستخدام المباشر للعداد ثلاثي الأوجه

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز قياس الطاقة الكهربائية (العداد الكهربائي) ثلاثي الأوجه مباشرةً لقياس الطاقة الكهربائية في حمل ثلاثي الأوجه رباعي الموصلات.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد ثلاثي الأوجه متغير الجهد(0-220V).
- حمل ثلاثي الأوجه وليكن عدد من اللمبات موصلة نجمة.
- عدد 1 عداد كهربائي ثلاثي الأوجه.
- ساعة إيقاف.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) التوصيل المباشر للعداد ثلاثي الأوجه لقياس الطاقة الكهربية.

خطوات العمل:

1. صل الدائرة المبينة بالشكل (1).
2. سجل ثابت العداد C_Z في الجدول.
3. صل التيار الكهربائي للحمل ثم سجل عدد لفات القرص للعداد في زمن محدد وليكن دقيقة واحدة n_m باستخدام ساعة الإيقاف.
4. احسب عدد لفات القرص في الساعة n_h من العلاقة: $n_h = n_m * 60 \quad (rev/h)$
5. احسب قدرة الحمل من العلاقة: $P_L = \frac{n_h}{C_Z} \quad (kW)$
6. احسب الطاقة المستهلكة في 24 ساعة من العلاقة: $E = P_L * h \quad (kW.h)$

حيث h هي عدد الساعات.

7. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

C_Z	
n_m	
n_h	
P_L	
E	

الملاحظات:

تجربة (3)

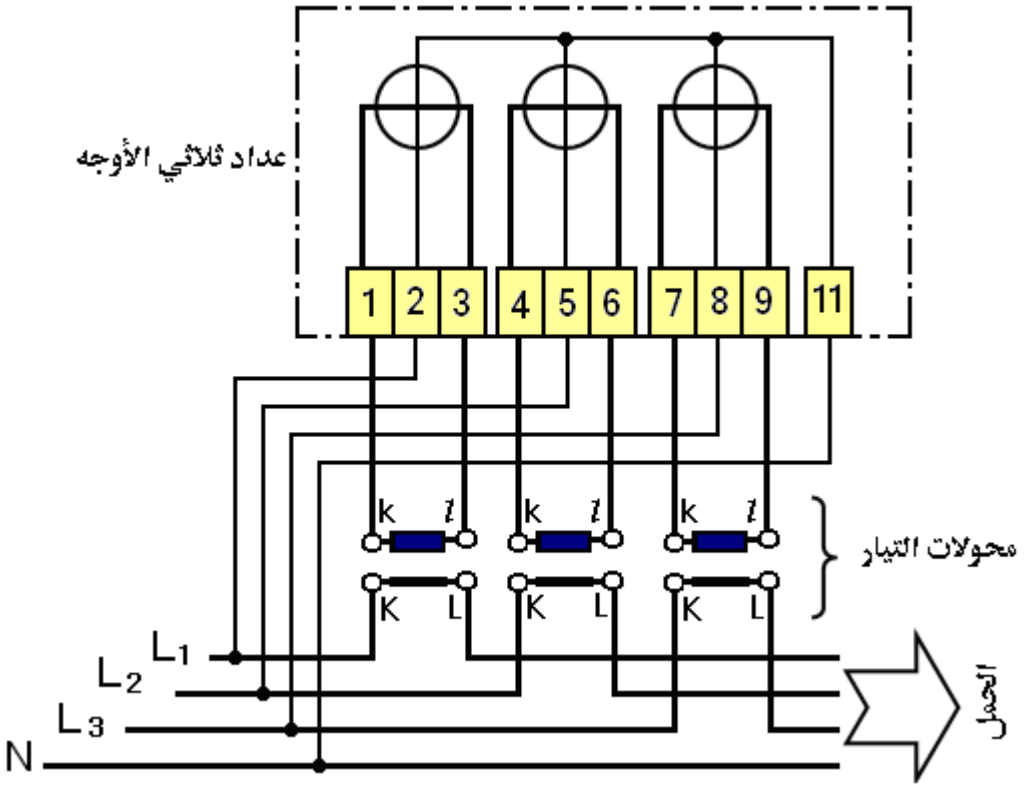
قياس الطاقة الكهربائية بالعداد ثلاثي الأوجه مع محولات تيار

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز قياس الطاقة الكهربائية (العداد الكهربائي) ثلاثي الأوجه مع محولات تيار لقياس الطاقة الكهربائية في حمل ثلاثي الأوجه رباعي الموصلات.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد ثلاثي الأوجه متغير الجهد(0-220V).
- حمل ثلاثي الأوجه وليكن عدد من اللمبات موصلة نجمة.
- عدد 3 محول تيار.
- عدد 1 عداد كهربائي ثلاثي الأوجه.
- ساعة إيقاف.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



شكل (1) توصيل محولات التيار مع العداد ثلاثي الأوجه لقياس الطاقة الكهربية.

خطوات العمل:

1. صل الدائرة المبينة بالشكل (1).
2. سجل نسبة التحويل لمحولات التيار K_I كما هي مكتوبة على جسم المحول في الجدول.
3. سجل ثابت العداد C_Z في الجدول.
4. صل التيار الكهربائي للحمل ثم سجل عدد لفات القرص للعداد n_m في زمن محدد وليكن دقيقة واحدة باستخدام ساعة الإيقاف.
5. احسب عدد لفات القرص في الساعة n_h من العلاقة: $n_h = n_m * 60\ rev/h$
6. احسب قدرة الحمل من العلاقة: $P_L = \frac{n_h}{C_Z} * K_I \quad (kW)$
7. احسب الطاقة المستهلكة في عدد 24 ساعة من العلاقة: $E = P_L * h \quad (kW.h)$

   حيث h هي عدد الساعات.
8. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

K_I	
C_Z	
n_m	
n_h	
P_L	
E	

الملاحظات:

تجربة (4)

قياس الطاقة الكهربائية بالعداد ثلاثي الأوجه مع محولات تيار ومحولات جهد

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز قياس الطاقة الكهربائية (العداد الكهربائي) ثلاثي الأوجه مع محولات التيار ومحولات الجهد لقياس الطاقة الكهربائية في حمل ثلاثي الأوجه.

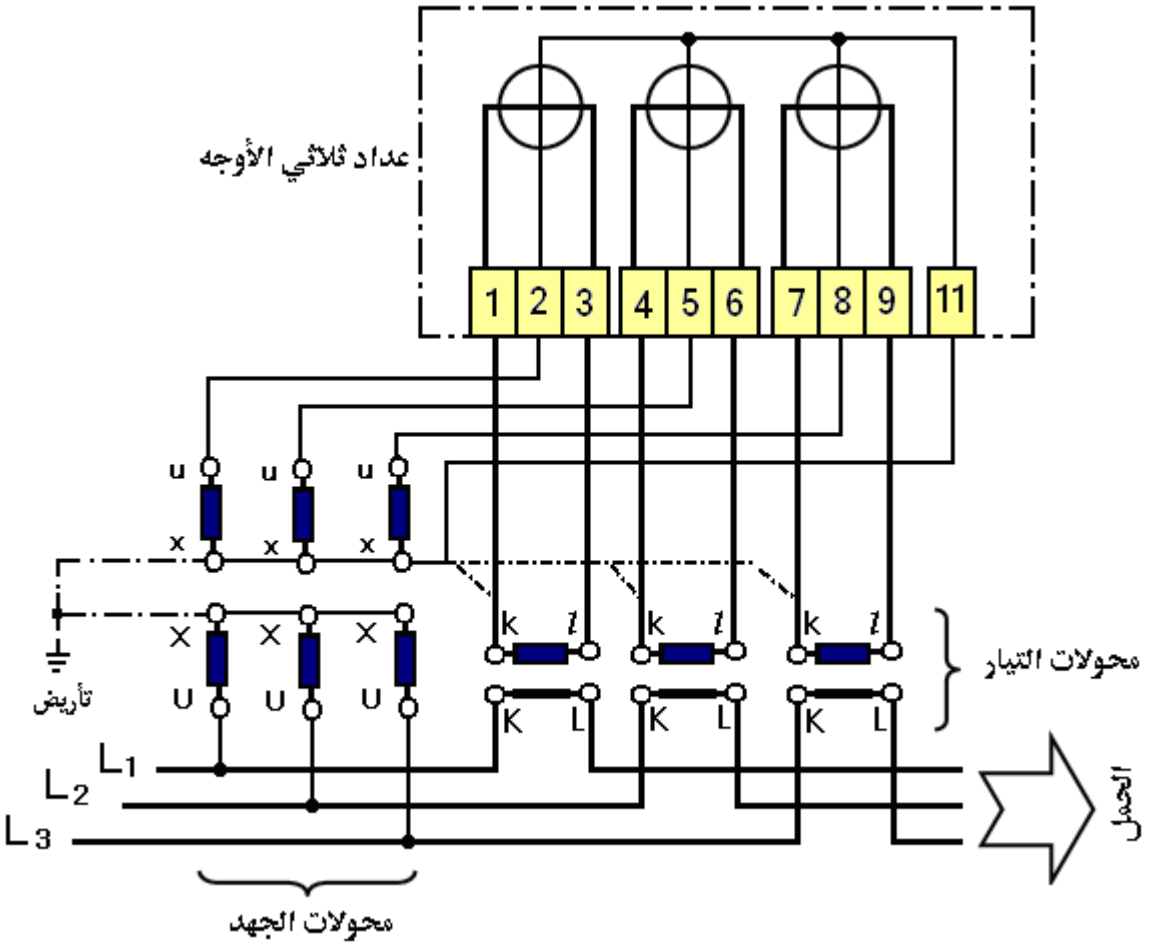
الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد ثلاثي الأوجه متغير الجهد(0-220V).
- حمل ثلاثي الأوجه.
- عدد 3 محول تيار.
- عدد 3 محول جهد.
- عدد 1 عداد كهربائي ثلاثي الأوجه.
- ساعة إيقاف.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

خطوات العمل :

1. صل الدائرة المبينة بالشكل (1).
2. سجل نسبة التحويل لمحول الجهد K_V وكذلك نسبة التحويل لمحول التيار K_I كما هي مكتوبة على جسم المحول.
3. سجل ثابت العداد C_Z في الجدول.
4. صل التيار الكهربائي للحمل ثم سجل عدد لفات القرص للعداد n_m في زمن محدد وليكن دقيقة واحدة باستخدام ساعة الإيقاف.
5. احسب عدد لفات القرص في الساعة n_h من العلاقة: $n_h = n_m * 60 \quad (rev/h)$
6. احسب قدرة الحمل من العلاقة: $P_L = \frac{n_h}{C_Z} * K_V * K_I \quad (kW)$

الدائرة المستخدمة:



شكل (1) توصيل محولات التيار ومحولات الجهد مع العداد ثلاثي الأوجه لقياس الطاقة الكهربية.

7. احسب الطاقة المستهلكة في 24 ساعة من العلاقة: $E = P_L * h \quad (kW.h)$

حيث h هي عدد الساعات.

8. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

K_V	
K_I	
C_Z	
n_m	
n_h	
P_L	
E	

الملاحظات:

المراجع

المراجع الأجنبية:

1. Lorry D. Jones, A. Foster Chin, “Electronic Instruments and Measurements”, Prentice-Hall International Editions, 1991.
2. John Bird, “Electrical and Electronic Principles and Technology”, British Library Cataloguing in Publication Data, Second Editions, 2003.
3. B.L.Theraja, A.K. Theraja, “A Text Book of Electrical Technology”, S. Chand & Company LTD., New Delhi, 2002.
4. LON Interface Documentation, “Electrical Energy Meter- Principles and Applications, Manual for Using Energy Meters”Gossen Metrawatt, http://www.qmc-instruments.com

المراجع العربية:

5- المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني ، "تكنولوجيا الكهرباء للمعاهد الثانوية الصناعية- الطاقة الكهربائية" ، الطبعة العربية الأولى، 1994.

قائمة بالمحتويات

مقدمه .....
تمهيد .....
الوحدة الأولى : القياسات بأجهزة الملف المتحرك 1
المقاومة الكهربائية 3
قياس المقاومة الكهربائية 3
تعريفات هامة للمقاومة 3
أنواع المقاومات 4
تحديد قيمة المقاومة باستخدام كود الألوان 4
المقاومات رباعية النطاقات اللونية 4
كود المقاومات رباعية النطاق 5
المقاومات خماسية النطاقات اللونية 6
كود المقاومات خماسية النطاق 6
توصيل المقاومات .في الدائرة الكهربائية 7
تجربة (1) : توصيل المقاومات على التوالي وتحقيق قانون كيرشوف للجهود 8
تجربة (2) : توصيل المقاومات على التوازي وتحقيق قانون كيرشوف للتيار 10
القياس بالأجهزة التناظرية 12
تركيب أجهزة القياس التناظرية 12
أجهزة الملف ذو الحديدة المتحركة 13
الجلفانومتر ذو الملف المتحرك 14
جهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك المزود بمقوم 15
تحديد المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك.....15
كيفية أخذ القراءات بطريقة صحيحة على الأجهزة التناظرية.....16
مقارنة بين الثلاثة أنواع من الأجهزة التناظرية 17
تجربة (3): قياس المقاومة الداخلية للجلفانوميتر ذو الملف 19
الطريقة الأولى:طريقة المقاومة.....19
الطريقة الثانية:طريقة مجزئ الجهد 20
الطريقة الثالثة:طريقة مقاومة التوازي 21
تجربة (4) : استخدام الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس الجهد المستمر.....23
تجربة (5) : استخدام الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس شدة التيار المستمر.....27
تجربة (6) : استخدام الجلفانوميتر لقياس الجهد المتردد باستخدام دائرة توحيد نصف موجة.....31
تجربة (7) : استخدام الجلفانوميتر لقياس الجهد المتردد باستخدام دائرة توحيد موجة كاملة 35
تجربة (8) : استخدام الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك لقياس المقاومة 39
الوحدة الثانية : القياسات باستخدام أجهزة القياس الرقمية 43

مقدمة عن أجهزة القياس الرقمية 45
الفولتميتر الرقمي 45
الأميتر الرقمي 46
الأوميتر الرقمي 46
الجهاز المتعدد الأغراض الرقمي 47
تجربة (1) : استخدام أجهزة القياس الرقمية لقياس الجهد والتيار والمقاومة 48
تجربة (2) : معايرة أجهزة القياس الرقمية 53
الوحدة الثالثة : القيـــــــاسات باستخدام راسم الذبذبات 61
جهاز راسم الذبذبات 63
تجربة (1) : قياس الجهد والتيار المستمر باستخدام جهاز راسم الذبذبات 64
تجربة (2) : قياس خواص الجهد والتيار المتردد باستخدام جهاز راسم الذبذبات 69
الجزء الثاني من التجربة: قياسات تردد الجهد أو التيار المتردد باستخدام جهاز راسم الذبذبات 74
تجربة (3) : قياس زاوية الطور للتيار المتردد باستخدام جهاز راسم الذبذبات 76
الوحدة الرابعة: القياسات باستخدام قنطرة ويتستون وقنطرة ماكسويل 81
مقدمة عن القناطر الكهربية 83
القياس باستخدام قنطرة ويتستون 84
استنتاج القوانين المستخدمة في الحسابات 84
تجربة (1) : قياس مقاومة مادية مجهولة باستخدام قنطرة ويتستون 86
تجربة (2) : قياس معاوقة مجهولة باستخدام قنطرة ماكسويل 89
الوحدة الخامسة : قياس القدرة الكهربائية 92
مقدمة عن القدرة الكهربائية 94
تجربة (1) : قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المستمر 96
تجربة (2) : قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد أحادية الوجه 100
قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه 104
تجربة (3) : قياس القدرة الفعالة في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه باستخدام ثلاثة أجهزة واتميتر 107
تجربة (4) : قياس القدرة ومعامل القدرة في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأوجه باستخدام جهازي واتميتر 110
الوحدة السادسة: القياسات باستخدام محولات التيار والجهد 115
القياس باستخدام محولات التيار و الجهد 117
محولات القياس 117
محول الجهد (Voltage Transformer) واستخدامه لقياس الجهد 117
محول التيار (Current Transformer) واستخدامه لقياس التيار 118
الاحتياطيات الواجب اتخاذها عند استعمال محولات الجهد والتيار 119
تجربة (1): استخدام محول الجهد ومحول التيار في قياس القدرة الكهربية لحمل مادي 120

تجربة (2): استخدام محول الجهد ومحول التيار لقياس القدرة الكهربية الفعالة لحمل حثي..... 123
الوحدة السابعة: قياس الطاقة الكهربائية..... 125

قياس الطاقة الكهربية (الشغل الكهربائي) بالعدادات الكهربائية 127
تجربة (1): قياس الطاقة الكهربائية لحمل أحادي الوجه 129
تجربة (2) :قياس الطاقة الكهربائية بالاستخدام المباشر للعداد ثلاثي الأوجه 132
تجربة (3) : قياس الطاقة الكهربائية بالعداد ثلاثي الأوجه مع محولات تيار..... 134
تجربة (4) : قياس الطاقة الكهربائية بالعداد ثلاثي الأوجه مع محولات تيار ومحولات جهد..... 136
المحتويات 139